

# Hydrologie du Massif de l'Afollé

---

Campagne 1960

par Marcel ROCHE

République Islamique de Mauritanie  
Service du Génie Rural  
DÉCEMBRE 1960



TAMCHAKETT



## S O M M A I R E

	Page
<u>CHAPITRE I</u> - Programme et organisation de la campagne	
A - Programme prévu	2
1 - Période d'installation	3
2 - Travaux d'avant saison	4
3 - Déroulement de la campagne	4
B - Moyens matériels	
1 - Déplacements - liaisons	5
2 - Matériel de mesures	6
C - Personnel	7
D - Réalisation du programme	8
<u>CHAPITRE II</u> - Aperçu géographique	11
A - Système de TAMCHAKETT	
1 - L'Oued TEGOUA	12
2 - L'Oued BOUDIENGAR	13
B - Système du KORAKORO	
1 - Réseau Nord	14
2 - Réseau Sud	15
C - Les bassins endoreïques du pourtour	
1 - Au Sud	16
2 - A l'Ouest et au Nord-Ouest	16
<u>CHAPITRE III</u> - Climatologie	
A - Données pluviométriques recueillies aux stations officielles	17
1 - Hauteurs mensuelles et annuelles	18
2 - Pluies journalières	25
B - Observations pluviométriques effectuées durant la campagne	34
C - Autres observations climatiques	39

# CHAPITRE IV - Observations hydrologiques à LEHBILE et au GRAND GRAIR

A - Observations au droit du barrage de LEHBILE	
1 - Avant la rupture du barrage	41
2 - Après la rupture du barrage	45
3 - Pendant et après la crue des 12 et 13 Août 1960	47
B - Observations sur le GRAND GRAIR	50
C - Observations sur le petit Oued de LEHBILE	55

# CHAPITRE V - Autres observations hydrologiques

A - Branche Sud du Système de TAMCHAKETT	
1 - Site de GUELAB	57
2 - Station du point C (O. BOUDIENGAR)	60
B - Barrages du centre de l'AFOLLE	
1 - GAAT TEYDOUMA	62
2 - AHEL BAOBA	64
3 - AGUERJ LAJAR	66
4 - LEMBRANDA	67
5 - M'BREMIDA	68
C - Observations sur le pourtour du Massif	
1 - O.KORAKORO	68
2 - OUMOUL-KHEUZ	68
3 - Oued ... à 30 km environ de TAMCHAKETT sur la piste de KIFFA	69
4 - TAMCHAKETT-Aviation	69
5 - ZRAFFIE	70
6 - ACHAMAT	70
CHAPITRE VI - Elements hydrologiques pour le calcul des barrages	71
A - Les apports	72
B - Les crues	74
C - Utilisation de ces éléments	78
ANNEXE A - Analyse des averses observées à LEHBILE	3 p.
ANNEXE B - Analyse des averses observées à ATOUN	1 p.
ANNEXE C - Analyse des averses observées à KIFFA	3 p.
ANNEXE D - Mesures climatiques	10 p.

Par convention entre le Service du Génie Rural de la République Islamique de MAURITANIE et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, il a été décidé d'effectuer, durant l'hivernage 1960, une campagne de mesures hydrologiques dans le Massif de l'AFOLLE.

Cette campagne avait pour but :

- d'une part, de compléter les données générales sur l'écoulement dans le relief gréseux de la MAURITANIE, déjà réunies par Y. BRUNET-MORET à la suite de trois campagnes effectuées dans le BRAKNA et le TAGANT,
- d'autre part, de fournir au Génie Rural des éléments d'appréciation pour la construction des ouvrages de protection destinés aux digues aménagées en vue de la mise en valeur des terres cultivables et, éventuellement, pour la conception des digues elles-mêmes.

Les études sur le terrain et leur interprétation ont été confiées à M. ROCHE, Ingénieur à Electricité de France, affecté au Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. L'interprétation a utilisé largement les résultats obtenus par ce Service dans des régions analogues.

Les opérations sur le terrain ont été grandement facilitées par la compréhension des autorités locales auxquelles nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements.

## CHAPITRE I

### PROGRAMME et ORGANISATION de la CAMPAGNE

#### A - PROGRAMME PREVU (Voir carte I et carte II)

Les termes de la convention passée entre le Génie Rural de MAURITANIE et l'O.R.S.T.O.M. prévoyaient, d'une façon très générale, l'étude de l'écoulement et du ruissellement dans la partie septentrionale du Massif de l'AFOLLE, situé au sud de TAMCHAKETT dans le HODH Occidental.

Il avait été prévu que la campagne serait menée de façon itinérante et extensive au moyen d'observations directes des débits (mesures sommaires), sans faire appel aux procédés d'hydrologie analytique. Le déroulement des opérations devait évidemment tenir compte des difficultés propres aux conditions, mal connues, d'hivernage dans l'AFOLLE, et des caractéristiques particulières de l'année 1960.

Ce programme avait été précisé par C. AUVRAY après une tournée préparatoire en saison sèche et par une entente directe sur le terrain entre M. DEVAUX, Chef du Service du Génie Rural, et M. ROCHE, au moment de l'installation de la mission. Des modifications ont ensuite été apportées de façon à sauvegarder un minimum d'observations, les écoulements s'étant avérés beaucoup moins fréquents que prévus.

Le schéma général de la campagne était ainsi fixé :

1) - Période d'installation :

- d'un campement fixe à LEHBILE,
- d'un pluviomètre enregistreur et d'une échelle à LEHBILE,
- d'une échelle au GRAND GRAIR,
- d'un limnigraphe à GUELAB (position déjà repérée après le confluent de l'oued alimentant le barrage et de l'oued principal (point B),
- d'une échelle au point D (déjà installée),
- d'un limnigraphe au point C (position déjà repérée),
- d'une échelle au point A (déjà installée).

De plus, un pluviomètre enregistreur a été installé à GUELAB et un autre à TAMCHAKETT : ces deux pluviographes (Filotecnica) fonctionnaient en principe avec une durée de révolution hebdomadaire, tandis que l'appareil de LEHBILE (Précis Mécanique) était journalier.

Le limnigraphe de GUELAB avait une durée de révolution de deux semaines, tandis que celui du point A était mensuel. Par la suite, l'échelle de LEHBILE a été doublée d'un limnigraphe hebdomadaire. Ces trois appareils étaient des Ott, type X, à tambour horizontal.

Trois échelles, qui avaient été installées à la suite de la première mission de reconnaissance (AUVRAY- STEUNOU) n'ont pas été retenues :

- l'échelle du point B : l'importance de la station ne justifiait pas l'établissement d'un camp pour son étalonnage et la forme du lit ne permet pas l'application de formules d'écoulement.



- l'échelle du point F : inaccessible pendant les pluies.
- l'échelle de BARGATANI : inaccessible pendant les pluies et lit très irrégulier.

2) - Travaux d'avant saison :

Avant les premières pluies notables, il fallait visiter les barrages de l'intérieur du massif pour se rendre compte de leur état et se faire une idée du bassin d'alimentation.

On s'est également efforcé de tracer des itinéraires d'hivernage permettant de traverser le Massif du Sud au Nord pendant les pluies. Un certain nombre de Tamourts et de points douteux ont pu être ainsi évités ; quelques passages ont été aménagés. Seule la traversée de la plaine de LEHBILE n'a pu être totalement résolue et il a fallu admettre une attente de 48 heures en cas de forte pluie.

3) - Déroulement de la campagne :

A la suite des reconnaissances effectuées en Juin, il avait été décidé de procéder comme suit :

- Durant l'hivernage :

Attendre à LEHBILE la première pluie notable et faire alors toutes les observations possibles à LEHBILE et au GRAND GRAIR. Aussitôt après, se rendre à GUELAB et attendre une nouvelle vague. Une fois GUELAB à peu près étalonnée, se rendre au point C pour mesures et contrôle au mieux des points A, B, D.

- Dès que les pistes seraient à nouveau praticables :

Faire la tournée des barrages à l'intérieur de l'AFOLLE ; enquêter sur les apports et éventuellement les ruptures de digues.

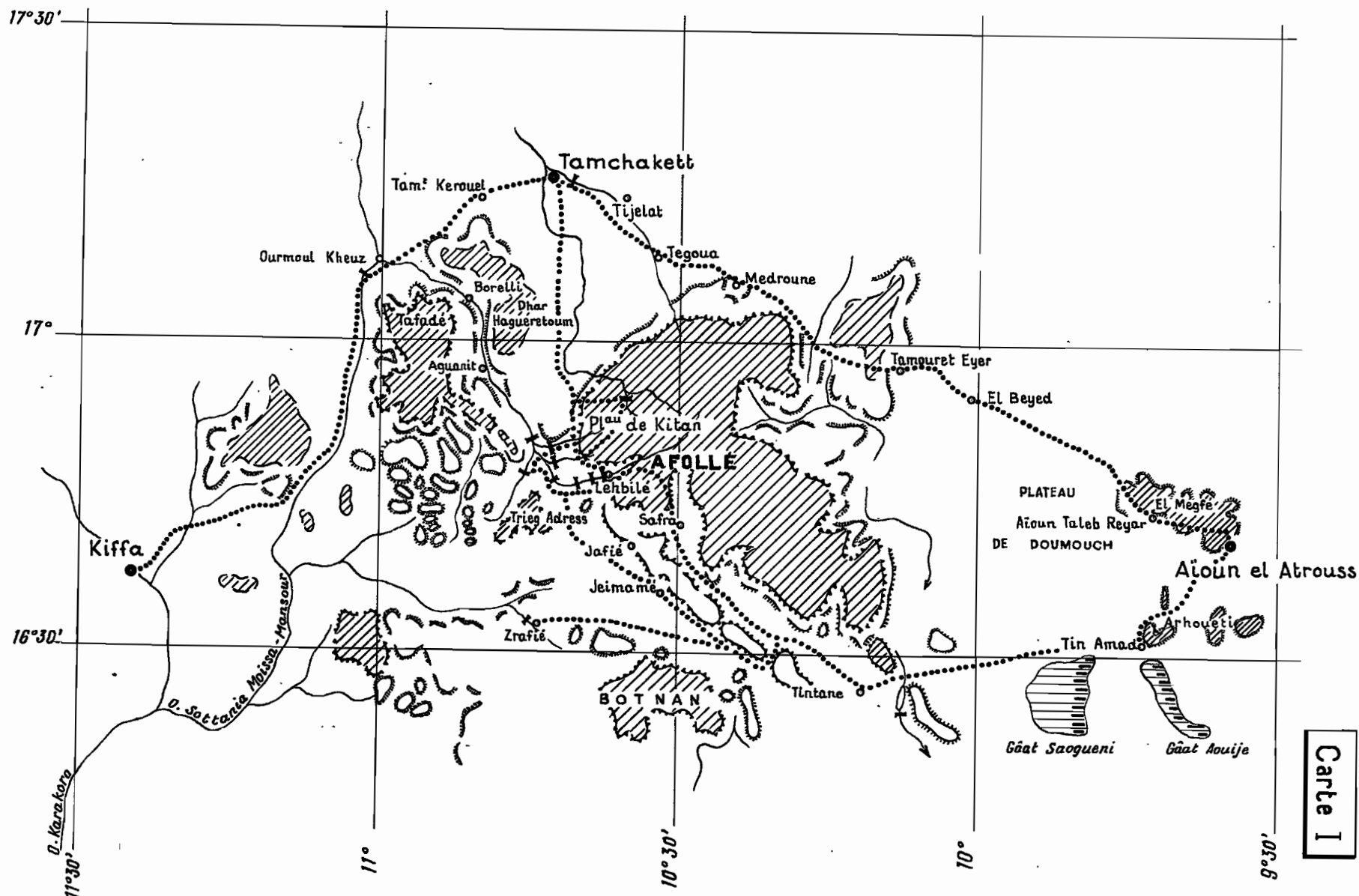
- Retour à AÏOUN : rassemblement du matériel.

- Tournée du pourtour : AÏOUN - TINTANE - KIFFA - TAMCHAKETT - AÏOUN

MAU-10.594

ED: ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER  
LE: JANV. 61 DES: GROTARD VISA: TUBE N°: A1

# Mission AFOLLÉ - Campagne 1960



Carte I

DEPLACEMENTS - LIAISONS



Le DC 3 militaire à TAMCHAKETT



Départ du courrier



Piste à l'intérieur du massif  
(d' AGUERJ LAJAR à LEMBRANDA)



Réfection d'un mauvais passage

B - MOYENS MATERIELS -

1) - Déplacements - liaisons :

A l'origine, il avait été prévu d'organiser une caravane de chameaux et d'effectuer des déplacements continuels. En fait, ce mode opératoire est apparu comme inadapté à la fois au terrain et au programme à réaliser. D'une part, les chameaux supportent mal l'AFOLIE en hivernage à cause des tsé-tsé et des moustiques ; les Maures refusent d'en louer dans ces conditions et il aurait fallu en acheter une grande quantité, ce qui serait revenu cher et n'aurait pas été tellement facile à réaliser. D'autre part, les déplacements sont lents avec une caravane d'une certaine importance et les chameaux ne passent guère mieux dans les sols meubles que les voitures.

Nous nous sommes donc contentés d'acheter deux chameaux pour assurer les liaisons et la sécurité.

Deux véhicules étaient fournis par le Service du Génie Rural :

- 1 power-wagon, très usagé, mais relativement en bon état.
- 1 jeep ayant 94 000 km, munie d'un moteur neuf.

Le tout était assorti d'un lot à peu près suffisant de pièces de rechange et d'outillage. Il était du reste aisé d'obtenir dans un délai maximal d'une quinzaine de jours, des pièces détachées expédiées de SAINT-LOUIS par l'avion militaire qui touche TAMCHAKETT toutes les semaines.

Les véhicules, bien entretenus et la chance aidant, n'ont pas été cause d'ennuis majeurs.

Enfin, le soutien apporté par le Service du Génie Rural sis à SAINT-LOUIS s'est montré remarquablement efficace pour l'acheminement par avion du matériel, des secours et du ravitaillement.

La carte I montre les déplacements effectués par la mission.

2) - Matériel de mesures:

Nous avons déjà cité :

- 2 limnigraphes Ott, type X, de durées de rotation 1 mois et 15 jours, installés au point C et à GUELAB (fournis par le Génie Rural),
- 1 limnigraphe Ott, type X, à retournement automatique, de durée de rotation 8 jours, installé à LEHBILE (fourni par l'ORSTOM),
- 1 pluviographe "Précis Mécanique" à mouvement journalier, installé à LEHBILE (fourni par le Génie Rural),
- 2 pluviographes "Filotecnica" à mouvement hebdomadaire ou journalier (transformation par simple transfert d'un pignon), installés l'un à TAMCHAKETT (toujours hebdomadaire), l'autre à GUELAB (soit hebdomadaire, soit journalier, suivant l'emplacement du camp de base de la mission), fournis par l'O.R.S.T.O.M.
- différentes échelles limnimétriques.

La mission disposait en outre :

Pour les mesures hydrométriques :

- d'un matériel Ott léger avec moulinet "Arkansas", perche ronde et pied de perche (O.R.S.T.O.M.)
- d'un matériel "Neyrpic" plus lourd, avec moulinet magnétique, perche ovoïde et pied de perche (Génie Rural),
- d'une portière faite de deux cylindres métalliques et d'un plattelage, lourde et peu maniable, inadaptée aux oueds de l'AFOLLE.

Pour les mesures climatiques :

- d'un psychromètre à aspiration
- d'un altimètre utilisé comme baromètre

Pour les mesures topographiques :

- d'un niveau Wild N 10
- Boussole, chaîne, etc...

C - PERSONNEL -

Le personnel spécialisé avait été engagé à AIOUN :

- 1 chauffeur pour le Power. Excellent mécanicien, il était chargé en outre de tous les travaux délicats sur l'ensemble des deux véhicules (CISSE Mamadou, employé au garage des T.P.),
- 1 chauffeur pour la Land-Rover. Quoique moins qualifié que le précédent, il pouvait le seconder très utilement. Bon et prudent conducteur (Mamadou BA ayant fait de nombreuses missions),
- 1 factotum parlant bien français, capable de jouer le rôle d'interprète, de faire la cuisine, etc... Travailleur et dégourdi (Sidi Ould BAYE),
- 1 manoeuvre spécialisé dans la maçonnerie, pouvant également aider les chauffeurs.

Le reste du personnel était recruté sur place, soit pour la durée de la mission, soit à l'occasion de travaux exigeant une main d'oeuvre supplémentaire. Nous disposions à titre permanent :

- d'un observateur chargé de LEHBILE et de GUELAB. Ce poste était confié au chef de fraction de LEHBILE : Mohamed AHID, qui nous servait également de guide pour l'intérieur de l'AFOLLE.

- d'un chamelier
- d'un manoeuvre utilisé également comme gardien, en particulier pour le campement de GUELAB.

D - REALISATION du PROGRAMME -

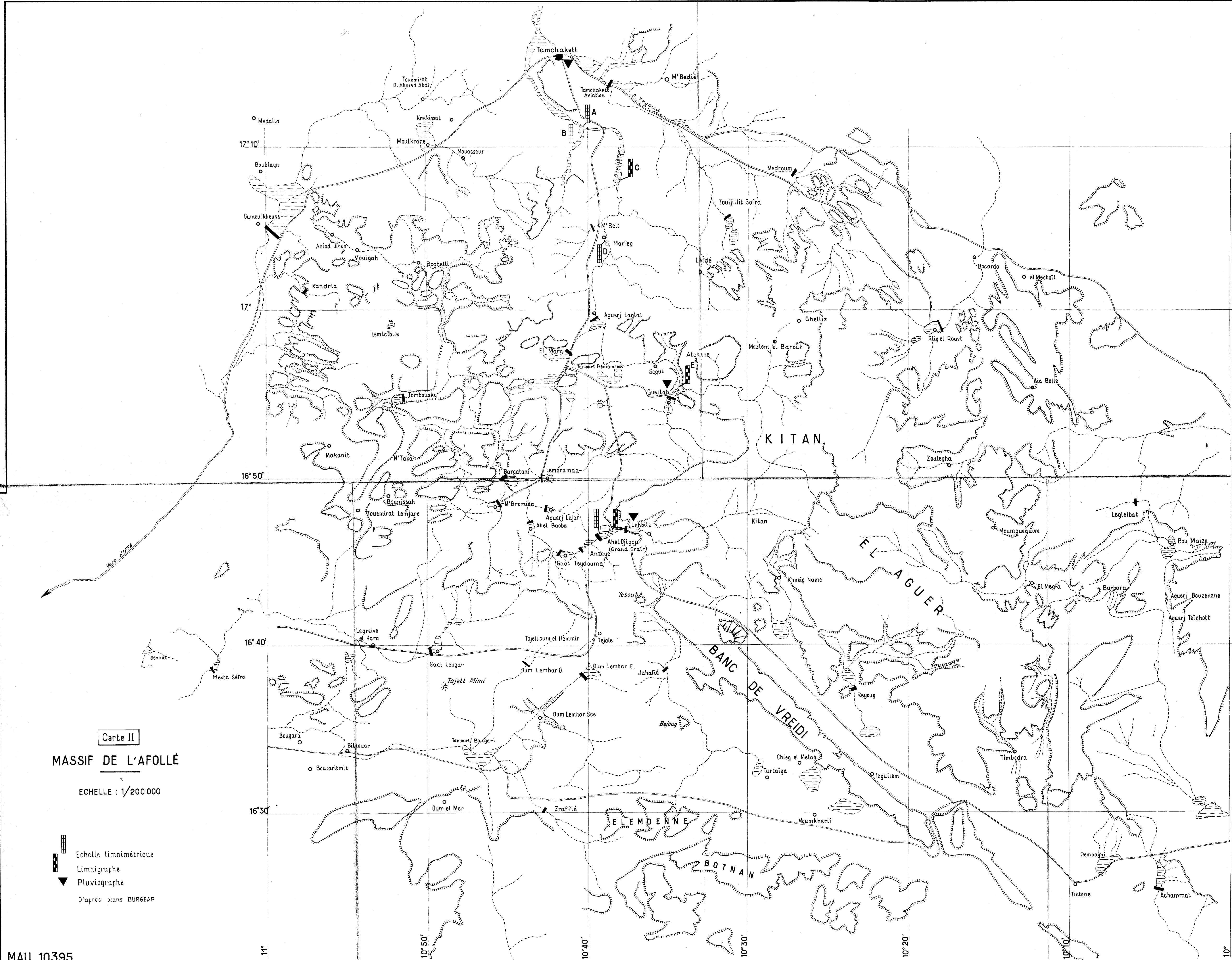
Nous donnons dans ce paragraphe un résumé succinct des rapports mensuels envoyés au Service du Génie Rural. On verra que le programme initial a dû être modifié pour tenir compte de la faiblesse des pluies au cours de l'hivernage 1960, en particulier sur le bassin situé au Nord de celui de LEHBILE. Il nous est apparu assez rapidement que l'année serait sèche et que l'effort principal devait être porté sur le bassin de LEHBILE si l'on voulait obtenir quelques résultats exploitables sur l'hydrologie du massif.

- 8 Juin : arrivée de M. ROCHE à SAINT-LOUIS,
- du 8 au 13 : préparation matérielle de la campagne,
- 14 Juin : départ pour AOUN, avec M. DEVAUX,
- 16 Juin : installation à LEHBILE,
- 17 Juin au 15 Juillet : installation des différents appareils, des échelles de LEHBILE et du GRAND GRAIR ; tournées de reconnaissance des pistes des stations et des barrages de l'intérieur. Le 8 Juillet, installation d'une tente à GUELAB. Du 10 au 12 Juillet, pose d'un limnigraphe doublant l'échelle de LEHBILE,
- 16 Juillet : Première pluie de quelque importance qui remplit partiellement quelques barrages.
- du 16 au 23 Juillet : Tournées diverses, exploitation des premiers résultats, contrôle du fonctionnement des appareils.

- 24 Juillet : Tornade du même ordre que la précédente. Rupture de LEHBILE. Commencé le tarage de la brèche.
- du 25 Juillet, : Exploitation des résultats ; terminé l'installa-  
au 1er Août : tion du camp de GUELAB. Contrôle des appareils.
- 2 Août : Petite pluie.
- du 3 au 11 : Travaux de piste ; contrôle des appareils. Aucun  
Août : écoulement n'a encore eu lieu à cette date à GUELAB, ni dans le grand Oued du Nord.
- 12 Août : Forte pluie ; agrandissement de la brèche de LEHBILE. Tous les barrages de la vallée principale ont cédé.
- 13 - 14 Août : Mesures à LEHBILE et au GRAND GRAIR. M. ROCHE mordu par un serpent.
- 16 Août : Installation à GUELAB. Le barrage a été rempli par la crue du 12, mais faible écoulement dans le grand Oued.
- du 17 au 26 : Nous attendons les crues à GUELAB. Quelques  
Août : pluies, fort peu d'écoulement.  
Transfert d'une partie du matériel à TAMCHAKETT.  
Mesures diverses sur le barrage.  
Visite de M. CHAPOTARD.  
Tournées diverses. Relevés de cotes maximales.
- 27 Août : Lever du camp de GUELAB. Installation à TAMCHAKETT. Mesures au barrage de TAMCHAKETT aviation.
- 28 au 30 : TAMCHAKETT - KIFFA. Arrivée de C. AUVRAY.  
Août :



- 31 Août : Retour de KIFFA. Mesures à OUMOUL-KHEUZ et sur un oued situé à 30 km de TAMCHAKETT.
- 2 Septembre : Départ de M. CHAPOTARD;  
Visite en A et en C.
- 3 au 6 Sept. : Tournée des barrages de l'intérieur.
- 7 Septembre : Tournée en A, C et D, relevé des délaissés.
- 8 au 11 Sept. : TAMCHAKETT-AIOUN. Réparation de véhicules, regroupement du matériel à AIOUN.
- 13-14 Sept. : Tournée Sud AFOLLE : ZRAFFIE, ACHAMAT.
- 17 Septembre : Départ de C. AUVRAY.
- 19 - 20 Sept. : Tournée AIOUN - LEHBILE - TAMCHAKETT - AIOUN : ramassage des derniers appareils laissés en place.
- 21 - 23 Sept. : Matériel, inventaire - liquidation du personnel.
- 24 Septembre : Retour à SAINT-LOUIS.
- 30 Septembre : Retour à PARIS.



Carte II

# MASSIF DE L'AFOLLE

ECHELLE : 1/200 000

- Echelle linimétrique
- Limnigraphe
- Pluviographe
- D'après plans BURGEAP

PERSONNEL de la MISSION



Equipe permanente



MAMADOU BA au travail



SIDI OULD BAYE et sa cuisine



Tente de MOHAMED AHID

## CHAPITRE II

### APERCU HYDROGRAPHIQUE

Nous ne nous attarderons pas sur la géographie et la géologie du Massif de l'AFOLLE, sujets déjà traités dans des rapports antérieurs, notamment dans celui de A. LERMUZEAUX (Mars 1960), intitulé : "Etude hydrogéologique de l'AFOLLE, de la région de TAMCHAKETT et du Nord de la Subdivision de KIFFA".

Disons seulement que, du point de vue de l'hydrologue, le massif se présente à l'intérieur comme un ensemble assez imperméable susceptible, malgré des pentes plutôt modérées, de réagir vivement aux précipitations intenses. La décomposition des grés, si poussée soit-elle en certains endroits, n'est pas suffisante pour constituer des réserves importantes par perméabilité en grand. Quant aux possibilités de rétention dans la structure fine du grés, elles sont pratiquement inexistantes, contrairement à ce que nous avons observé, par exemple, dans l'ENNEDI (Tchad). Seules les plaines alluviales, sablo-argileuses, contiennent des réserves d'eau notables, ainsi qu'en témoignent de nombreux oglats qui semblent ne jamais s'assécher. Les barrages érigés pour la culture du mil ont pour effet secondaire d'enrichir considérablement ces nappes.

Dans les zones les plus montagneuses, ce que nous appelons le Centre AFOLLE, ou zones de l'intérieur, l'ennoisement des piedmonts est inexistant ou faible. Il n'en est pas de même dans les zones marginales où l'ensablement devient le facteur principal du comportement hydrologique des bassins : dans les régions méridionales les mieux arrosées, les collec-

teurs importants arrivent à se frayer un chemin jusqu'à un réseau hydrographique externe, et l'endoreïsme n'est que local, mais, dans le Nord, des oueds importants se perdent dans les dunes aux environs de TAMCHAKETT.

Le réseau hydrographique de l'AFOLLE a été tracé sur la carte II. On distingue deux systèmes principaux :

- Le système d'alimentation des dépressions de TAMCHAKETT, qui comporte deux branches :

- l'oued TEGOUA, issu directement des pentes Nord du massif,
- l'oued BOUDIENGAR, issu du Plateau de KITAN.

- Le système d'alimentation du KORAKORO qui comporte un réseau Nord de direction générale SE - NW, issu du Plateau de KITAN, et un réseau Sud de direction générale E - W.

Il faut ajouter une série de bassins endoreïques d'importances variables, disséminés sur les marges Sud et Est du massif, dans les zones ennoyées.

#### A - SYSTEME de TAMCHAKETT -

##### 1) L'oued TEGOUA :

Environ un tiers du bassin est situé en zone rocheuse, à l'extrême Nord du Massif de l'AFOLLE ; l'ennoïement par les sables y est fréquent, mais le réseau est assez bien tracé et l'endoréïsme local est rare. Le reste est constitué par un ensemble de dunes fixées, avec des lits également bien définis ; les vallées sont assez boisées (épineux). Dans cette zone, l'oued suit d'assez près la piste de TAMCHAKETT à AÏOUN. Le rendement de l'ensemble doit être assez bon pour une telle latitude, lorsque l'année est pluvieuse.

Le bassin supérieur alimente les barrages de MEDROUM et de TOUIJILLIT SAFRA, et l'ensemble du drainage converge sur la retenue du barrage de TAMCHAKETT-Aviation. Après ce barrage, et s'il en reste, les eaux passent au Nord du poste de TAMCHAKETT et se perdent dans une vaste dépression.

## 2) L'oued BOUDIENGAR :

Le cours le plus long du réseau prend sa source sur le Plateau de KITAN, non loin de l'origine de l'oued de LEHBILE. Le lit est rocheux jusqu'à la tamourt de BENI-AMOUSS, après laquelle le cours principal prend une direction Sud-Nord, suivant d'assez près la piste de TAMCHAKETT à LEHBILE. L'aspect du lit est alors très variable mais toujours bien marqué malgré l'importance de plus en plus grande des dunes fixées, à mesure que l'on va vers le Nord. Le passage des zones rocheuses donne parfois naissance à de profondes bathas dont le remplissage n'indique nullement un écoulement général de l'oued, mais est souvent dû à des ruissellements locaux.

A une dizaine de kilomètres de TAMCHAKETT, la piste traverse l'oued qui a pris alors une direction E - W et reçoit après, sur sa rive gauche, un affluent de direction Sud-Nord dont le vaste lit n'est guère à l'échelle du bassin d'alimentation. A partir de ce confluent, le lit se dégrade progressivement tout en incurvant sa direction vers le Nord pour rejoindre la même dépression que l'oued TEGOUA. Au passage de la piste TAMCHAKETT - KIFFA, le lit a déjà presque disparu et n'est plus marqué que par de vagues dépressions, d'ailleurs peu profondes et qui s'assèchent assez vite après le passage de la nappe d'écoulement.

Un seul barrage est installé sur le cours principal de l'oued : celui d'AGUERJ LAGLAL, qui n'a du reste pas été utilisé en 1960. Sur les affluents, on a d'amont en aval :

- le barrage de GUELAB (affluent rive gauche)
- EL MARA (affluent (rive gauche)
- M'BETT (affluent rive gauche)

La dépression de TAMCHAKETT paraît être le point ~~terminal~~ du système que nous venons de décrire, tout au moins en ce qui concerne les eaux de surface. Son bilan devrait pouvoir se faire aisément, mais ce n'était pas là le but de notre mission.

#### B - SYSTEME de KORAKORO -

##### 1 - Réseau Nord

L'oued principal est issu du bassin de KITAN. Il suit d'abord une direction E.W. jusqu'au barrage de GAAT TEYDOUMA, puis se dirige vers le N.W. pour se déverser finalement dans la retenue du barrage d'OUMOUL-KHEUZ.

Le tracé en plan, ainsi que celui des affluents, est très sinueux, épousant les diaclases élargies qui constituent les vallées. Le profil en long se présente comme une succession de seuils et de plaines d'épandage qui ont été mises à profit pour la culture du mil. C'est dans ce bassin que l'on trouve la plupart des barrages du Centre AFOLLE :

- sur le cours principal, d'amont en aval :

LEHBILE

AHEL DJIGOU (ou GRAND GRAIR)

ANZEYE (ou PETIT GRAIR)

GAAT TEYDOUMA

AHEL BAOBA

BARGATANI



- sur les affluents :

AGUERJ LAJAR

M'BREMIDA

MOCAMBA (ou LEMBRAMDA)

TOMBOUSKY

Les pentes sont très variables mais, dans l'ensemble, la réaction du réseau aux averses intenses est vigoureuse. Toutefois, la présence des plaines d'épandage, et des retenues quand les barrages sont en état, finit à la longue par laminer sérieusement les crues et entraîner des pertes par évaporation importantes, de sorte que la retenue d'OUMOUL-KHEUZ ne reçoit que des apports modérés, à moins que l'année ne soit particulièrement pluvieuse. Quant au grand oued de KORAKOKO, au Sud de KIFFA, les apports qui lui parviennent d'OUMOUL-KHEUZ sont évidemment très faibles, quand ils existent.

## 2 - Réseau Sud

Sa branche principale, issue des limites Sud et Sud-Ouest du bassin d'alimentation de M'BREMIDA, se dirige sensiblement de l'Est à l'Ouest. à partir de GAAT LEBGAR, rejoint MOKTA SFERA et constitue la véritable amorce du KORAKORO. Le barrage de MOKTA SFERA n'est pas exploité depuis plusieurs années, celui de GAAT LEBGAR ne l'a pas été en 1960.

De nombreux oueds de moindre importance drainent le versant Ouest de l'AFOLLE et tentent, avec un succès plus ou moins grand, de rallier la vallée qui descend d'OUMOUL-KHEUZ. Mais cette région est très ensablée et les phénomènes d'endoréisme à petite échelle n'y sont pas rares.



C - Les BASSINS ENDOREIQUES du POURTOUR -

a) Au Sud :

Dans le coin formé par le banc de VREIDI et la chaîne des Monts BOTNAN, ELEM DENNE, etc... on distingue trois bassins endoreïques de taille respectable dont le plus important alimente la tamourt BOUGARI. C'est sur deux branches différentes du réseau de ce dernier, que sont construits les barrages de ZRAFFIE et d'OUM LEMHAR.

Citons également, au Nord du Banc de VREIDI, le bassin du barrage de REYUG, et, à l'Est de TINTANE, le bassin d'alimentation du barrage d'ACHAMAT.

Ce sont là quelques exemples, mais, dans le Sud de l'AFOLLE, les bassins endoreïques sont très nombreux : il en est de minuscules. Leurs caractéristiques communes sont leur faible pente et leur grande perméabilité qui les rendent peu actifs du point de vue hydrologique (faible coefficient d'écoulement).

b) A l'Ouest et au Nord-Ouest :

Les caractéristiques des bassins endoreïques y sont sensiblement les mêmes qu'au Sud, mais l'étendue des réseaux est en moyenne plus grande. Les pentes y sont souvent un peu plus fortes ; par contre, l'aridité croît quand on se déplace vers le Nord.

La présente étude s'applique principalement aux oueds du Centre AFOLLE.

### CHAPITRE III

#### CLIMATOLOGIE

##### A - DONNEES PLUVIOMETRIQUES RECUEILLIES aux STATIONS OFFICIELLES -

Il n'y a aucune station météorologique permanente au sein du Massif de l'AFOLLE. Les stations les plus proches sont :

TAMCHAKETT	: Longitude	: 10° 40' W
	Latitude	: 17° 14' N
AIOUN el ATROUSS	: Longitude	: 9° 36' W
	Latitude	: 16° 39' N
KIFFA	: Longitude	: 11° 24' W
	Latitude	: 16° 37' N

A TAMCHAKETT, les relevés ont commencé en 1933. La série des observations est à peu près complète ; seules les années 1939 et 1943 sont inutilisables (lacunes trop importantes). La qualité des relevés est assez inégale, souvent médiocre ; quelques chiffres de fortes tornades nous paraissent suspects, en particulier les 150 mm du 17 Août 1937. En 1960, nous avons installé un pluviographe hebdomadaire en plus du pluviomètre officiel.

La station d'AIOUN el ATROUSS est exploitée depuis 1946. Les observations de 1948 et 1952 sont inutilisables. Le reste des relevés paraît correct. Un pluviographe journalier a été installé par le Génie Rural.

Le pluviomètre de KIFFA a été installé en 1923 et a fonctionné depuis sans interruption. Les relevés paraissent d'assez bonne qualité. Un pluviographe journalier a été installé par le Génie Rural.

Nous donnons en annexe les hyétogrammes correspondant aux trois averses les plus intenses observées en 1960 à KIFFA, ainsi qu'à la forte pluie observée le 2 Août 1958. A AIOUN, la plus forte pluie de l'hivernage 1960 n'a pas été enregistrée par suite d'une panne de l'appareil (51,6 mm le 21 Juillet): nous donnons les hyétogrammes correspondant aux deux averses les plus intenses enregistrées.

1) - Hauteurs mensuelles et annuelles :

a) Le Tableau I contient les hauteurs mensuelles et annuelles observées à TAMCHAKETT depuis 1933. Les moyennes de cette période sont les suivantes :

: J :	F :	M :	A :	M :	J :	J :	A :	S :	O :	N :	D :
: 0 :	1 :	0 :	0 :	5 :	16 :	65 :	93 :	63 :	16 :	1 :	1 :

Le module pluviométrique, calculé suivant la période 1933 - 1960, ressort à 261 mm.

b) Le Tableau II contient les hauteurs mensuelles et annuelles observées à AIOUN depuis 1946. Les moyennes de cette période sont les suivantes :

: J :	F :	M :	A :	M :	J :	J :	A :	S :	O :	N :	D :
: 0 :	2 :	5 :	0 :	1 :	17 :	109 :	114 :	58 :	5 :	2 :	2 :

TABLEAU I

HAUTEURS PLUVIOMETRIQUES MENSUELLES  
et ANNUELLES à TAMCHAKETT

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
1930													
1													
2													
3	10	0	0	0	0	26	63	118	41	0	4	0	262
4	0	0	0	0	0	13	33	61	8	0	0	0	115
1935	0	1	0	0	0	14	20	91	31	53	0	0	210
6	0	0	0	0	7	3	59	70	39	6	0	0	184
7	0	0	0	0	2	0	37	210	25	0	0	0	274
8	0	0	0	0	0	2	63	37	19	106	0	0	227
9													
1940	0	0	0	0	0	37	36	129	34	41	0	0	277
1	0	0	0	0	0	0	49	36	29	0	0	0	114
2	0	0	0	0	35	0	17	34	9	0	0	0	95
3													
4	0	0	0	13	0	26	62	15	86	17	0	0	219
1945	0	0	0	0	11	0	54	80	43	18	0	0	206
6	0	0	0	0	0	7	94	28	27	18	0	0	174
7	0	0	0	0	0	3	21	188	98	0	21	0	331
8	0	2	0	0	0	24	12	119	44	0	0	0	201
9	0	0	4	1	1	5	73	100	12	0	4	22	222
1950	0	0	0	0	0	4	97	11	93	0	0	0	205
1	0	0	6	0	24	6	54	61	54	65	1	0	271
2	0	0	0	0	10	13	106	138	68	11	0	2	348
3	0	0	5	0	0	59	214	79	220	0	0	0	577
4	0	28	0	0	2	20	90	174	57	0	3	0	374
1955	0	0	0	0	0	23	74	104	41	2	0	0	244
6	0	0	0	0	0	24	65	10	217	36	0	3	355
7	0	0	0	0	14	35	50	240	83	21	0	4	447
8	5	0	0	0	10	26	182	110	137	0	0	0	470
9	0	0	0	0	6	17	28	102	47	0	0	0	200
1960	0	0	0	0	4	20	26	69	67	14	0	0	200

TABLEAU II  
HAUTEURS PLUVIOMETRIQUES MENSUELLES  
et ANNUELLES à ATOUN el. ATROUSS

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
1930													
1													
2													
3													
4													
1935													
6													
7													
8													
9													
1940													
1													
2													
3													
4													
1945													
6	0	0	0	0	0	2	71	125	83	4	0	0	285
7	0	0	0	0	0	8	94	49	57	0	3	0	211
8													
9	0	0	0	0	1	9	43	117	38	0	0	8	216
1950													
1	0	0	0	0	0	3	131	126	80	2	0	0	342
2	1	0	0	0	6	4	120	59	10	19	0	6	219
3	0	0	0	0	3	15		87	82	3	0	1	191
4	0	0	68	0	4	24	103	96	117	3	0	14	429
	0	29	0	0	0	11	193	136	38	4	15	0	426
1955													
6	0	0	0	3	0	30	171	154	71	0	0	0	430
7	2	0	0	0	2	27	90	147	62	0	2	0	331
8	0	0	0	0	0	38	134	87	38	15	2	0	314
9	1	0	0	0	0	46	143	245	61	0	0	0	496
	0	0	0	0	0	3	44	81	40	2	0	0	170
1960													
	0	0	0	0	1	13	83	87	33	20	0	0	237

Le module pluviométrique, calculé suivant la période 1946-1960, ressort à 315 mm.

c) Le Tableau III contient les hauteurs mensuelles et annuelles observées à KIFFA depuis 1923. Les moyennes de cette période sont les suivantes :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	1	0	1	5	27	85	132	81	15	1	2

Le module pluviométrique, calculé suivant la période 1923-1960, ressort à 351 mm.

Le variations saisonnières moyennes à ces trois stations sont représentées sur le graphique 1, pour la période commune d'observation, afin de faciliter les comparaisons.

Le graphique 2 montre les covariations des pluies annuelles aux trois stations. Si l'on trace le graphique de correspondance des pluies annuelles pour deux quelconques des stations, il n'est pas utile de calculer le coefficient de corrélation pour voir que celui-ci est très faible et certainement pas caractéristique. Cependant, le graphique 2 laisse à penser que les variations des pluies moyennes sur plusieurs années ne sont pas complètement indépendantes. On peut se demander s'il y a lieu de faire des corrections de longue durée sur les moyennes obtenues à partir des stations observées le moins longtemps.

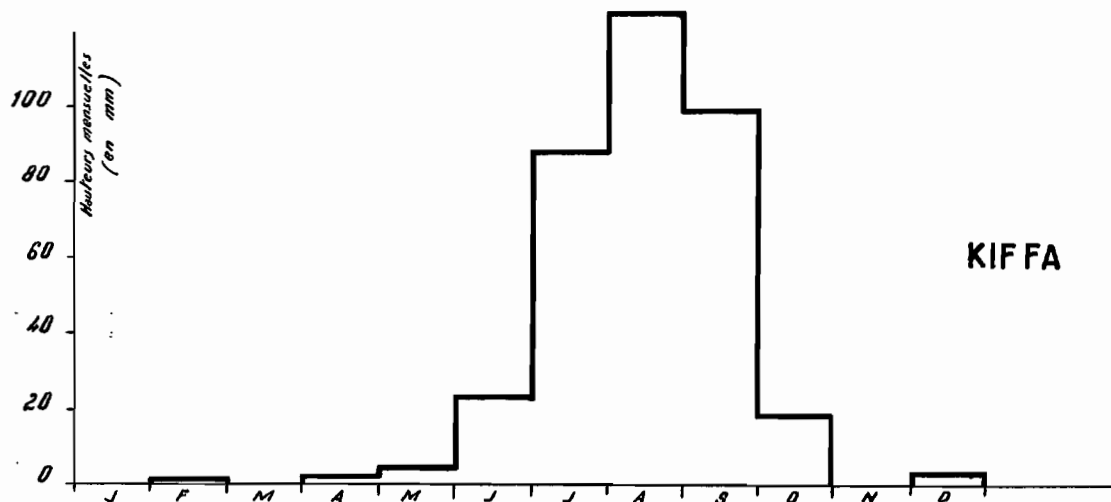
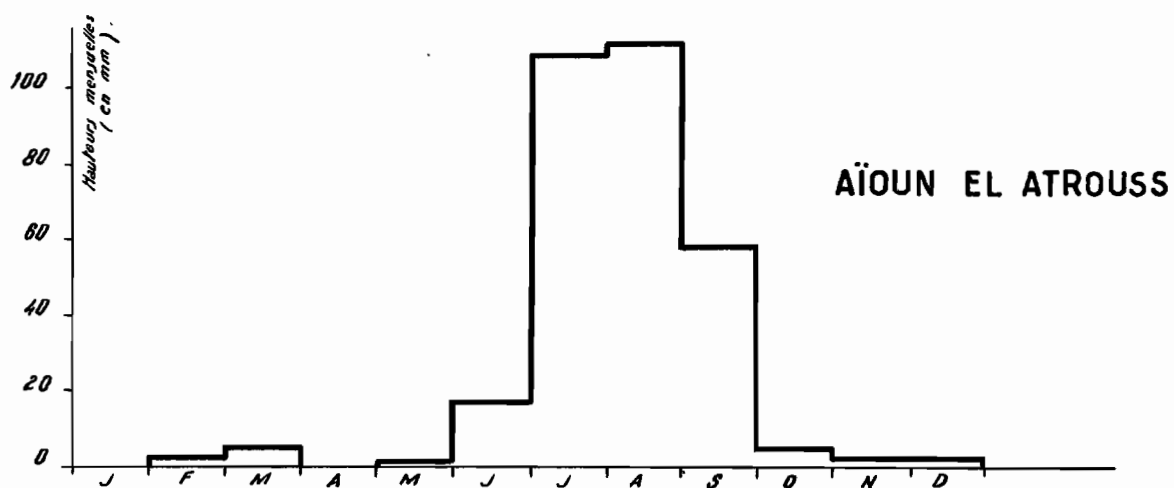
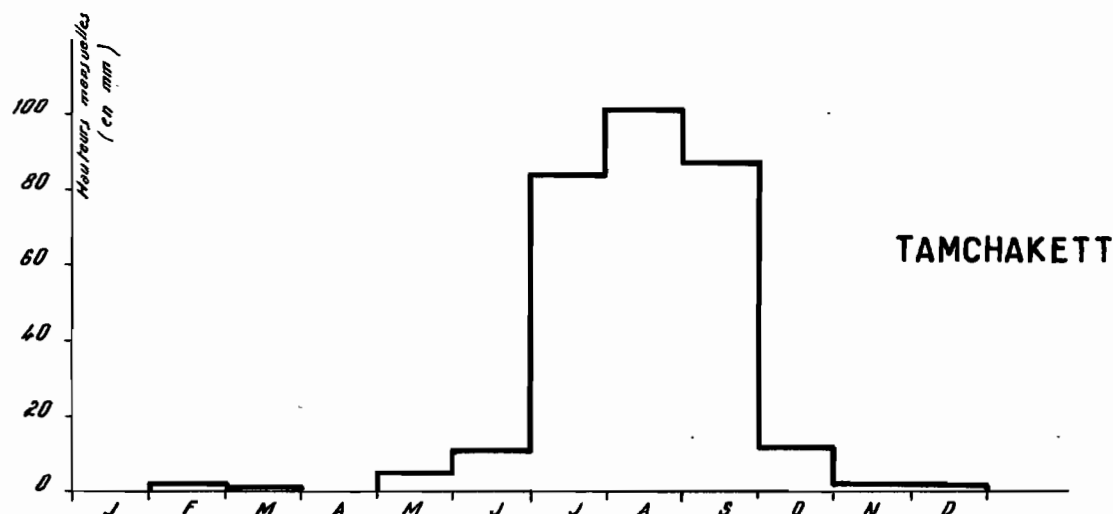
TABLEAU III

HAUTEURS PLUVIOMETRIQUES MENSUELLES  
et ANNUELLES à KIFFA

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
1923	1	0	0	0	0	23	77	225	82	3	0	0	411
4	14	0	0	0	28	8	84	124	81	14	0	0	353
1925	4	0	0	0	0	13	27	73	77	63	0	0	257
6	0	0	0	0	0	20	66	64	37	8	0	0	195
7	0	0	0	7	11	19	54	247	125	1	6	10	480
8	0	1	0	0	0	15	50	167	17	0	0	0	250
9	0	0	0	0	0	59	118	174	20	9	0	0	380
1930	15	0	0	0	0	10	7	274	92	0	0	0	398
1	0	0	0	5	4	19	47	63	73	0	1	0	212
2	0	0	0	0	6	34	84	166	101	0	0	0	391
3	0	0	0	0	0	48	149	296	128	27	14	0	662
4	0	0	0	0	0	55	162	110	11	28	0	0	367
1935	0	9	0	0	0	39	134	71	0	38	0	0	291
6	0	0	0	0	13	9	188	184	135	1	21	0	551
7	0	0	0	0	17	26	105	98	71	3	2	0	322
8	0	0	0	0	3	3	117	47	64	65	0	0	299
9	0	0	0	0	0	10	17	65		2	0	1	
1940	0	0	0	0	6	18	85	144	50	27	0	0	330
1	0	0	0	0	7	136	77	24	36	0	0	0	280
2	0	0	0	0	7	0	75	52	13	6	0	0	153
3	0	0	0	0	0	39	37	158	173	10	0	21	438
4	0	0	0	0	0	4	56	49	44	4	0	0	157
1945	0	0	0	0	4	6	112	146	107	16	0	0	391
6	0	0	0	0	0	0	70	109	33	0	0	0	212
7	0	0	0	0	0	7	32	112	113	0	0	0	265
8	0	1	0	0	22	97	53	220	75	2	0	0	470
9	0	0	0	0	0	3	59	131	65	0	0	37	295
1950	0	0	0	0	4	16	130	100	144	13	0	0	407
1	0	0	2	0	0	32	99	69	87	179	0	0	468
2	0	0	0	0	2	31	93	134	180	9	0	0	449
3	0	0	0	0	0	34	109	90	54	0	0	0	287
4	0	15	0	18	0	38	157	73	102	1	12	0	416
1955	0	0	0	0	0	48	112	159	54	8	0	0	381
6	2	0	0	0	0	10	88	108	193	10	0	0	411
7	0	0	0	4	39	7	110	158	76	35	0	0	429
8	0	0	0	0	0	60	87	325	126	0	0	0	598
9	0	0	0	0	7	26	62	131	110	0	0	0	336
1960	0	0	0	0	0	5	30	58	48	2	0	0	143

# VARIATIONS SAISONNIÈRES MOYENNES DES PLUIES

(PÉRIODES 1946 - 1960 moins 1948)





MAU 10.080

ED:

LE: m. 10. 1961

DES: J. P. H. 10. 1961

VISA:

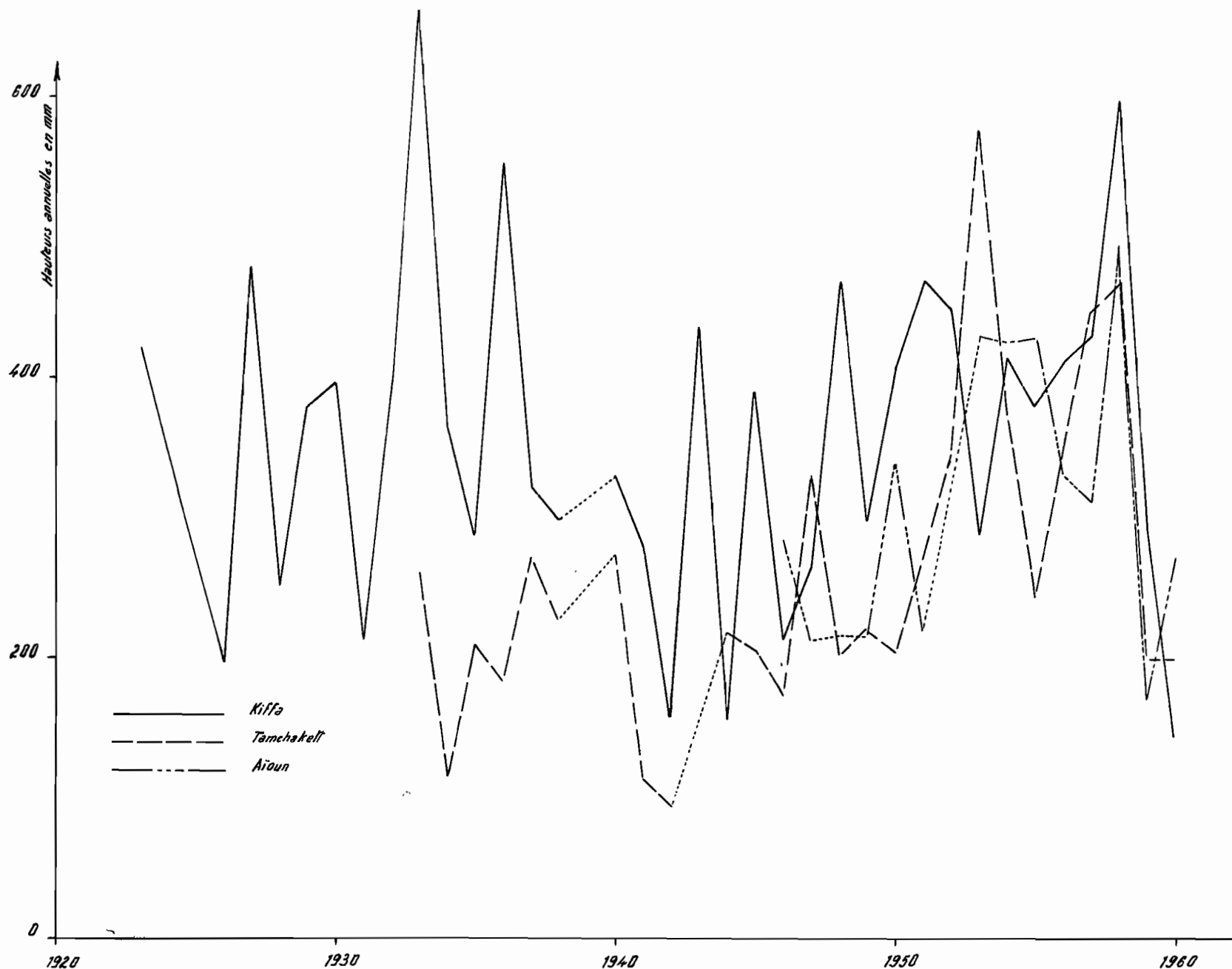
TUBE N°:

A1

ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

# COVARIATIONS DES PLUIES ANNUELLES A TAMCHAKETT, AÏOUN & KIFFA

Gr. 2



Dans ce but, on a calculé pour TAMCHAKETT et KIFFA les moyennes correspondant à la période d'observation d'AIOUN. De même, on a calculé pour KIFFA la moyenne correspondant à la période d'observation à TAMCHAKETT. On a trouvé :

KIFFA :

- période AIOUN	:	363 mm
- période TAMCHAKETT	:	359 mm
- contre période KIFFA (la plus longue)	:	351 mm

TAMCHAKETT :

- période AIOUN	:	307 mm
- contre période TAMCHAKETT	:	261 mm

On remarque que pour KIFFA, les écarts entre les différentes périodes sont faibles (12 mm entre les deux périodes extrêmes pour un écart type estimé à 117 mm).

Pour TAMCHAKETT, l'écart est beaucoup plus grand (46 mm pour un écart type estimé à 100 mm), mais on peut avoir quelques doutes sur la valeur des premières années d'observations.

En conclusion, il ne nous paraît pas opportun d'effectuer des corrections de longue durée et nous admettrons les modules pluviométriques (intervalle de confiance de 90 %) et les écarts types suivants, estimés d'après les échantillons disponibles :

Station	Module pluviométrique mm	Ecart type mm	Coefficient de variation
TAMCHAKETT	260 $\pm$ 30	100	0,38
AIOUN	315 $\pm$ 47	104	0,33
KIFFA	350 $\pm$ 30	117	0,33

(Répartitions supposées gaussiques)

Les chiffres de ce tableau montrent que la différence de régime entre AIOUN et KIFFA n'est pas aussi significative qu'il semblerait a priori. Cependant, le seuil de confiance que nous avons adopté (probabilité de 5 % pour que l'écart soit dépassé) est peut-être trop sévère pour ce genre de phénomène. D'autre part, la signification est plus nette si l'on admet que les hauteurs pluviométriques annuelles moyennes pour une période de quelques années ne sont pas indépendantes aux deux postes. Il est donc vraisemblable que la pluviométrie de KIFFA est réellement plus forte que celle d'AIOUN. Il est hors de doute que celle de TAMCHAKETT est nettement inférieure aux deux autres.

On notera la similitude des coefficients de variation.

Pour caractériser la pluviométrie moyenne interannuelle sur le Centre de l'AFOLLE, il n'est pas absurde de prendre une moyenne des trois stations précédentes, soit environ :

310 mm ( $\pm$  30 mm)

(Ce dernier intervalle de confiance n'est donné qu'à titre indicatif, comme vraisemblable, sans base statistique).

En effet, le "massif" est un bien grand mot pour l'AFOLIE. Il s'agit d'un relief vigoureusement raboté qui culmine à des altitudes dérisoires et n'est guère susceptible d'agir sur la répartition générale des pluies.

## 2) Pluies journalières :

Les pluies journalières aux trois stations sont analysées dans les tableaux IV, V et VI.

### Tableau IV - TAMCHAKETT -

Les chiffres de ce tableau indiquent le nombre de pluies journalières tombées au cours d'une année dont la hauteur est comprise dans la classe indiquée en entrée verticale : par exemple, il y a eu, en 1933, 4 pluies de hauteurs comprises entre 10,1 et 15 mm. En bas du tableau, on trouve le nombre moyen de jours de pluie par an pour chacune des classes considérées et pour l'année entière. On voit qu'à TAMCHAKETT, il y a environ 20 jours de pluie par an en moyenne.

La répartition statistique a été étudiée au moyen d'une loi que nous avons déjà suggérée en 1959 et que nous avons expérimentée sur un certain nombre de stations tropicales. Cette loi est définie par les relations :

$$\Phi(x - a) = \frac{F(x) - F(a)}{1 - F(a)}$$

$$\varphi(x - a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

$$u = \frac{L(x - a) - \bar{L}(x - a)}{\sigma_L(x - a)}$$

# TABLEAU IV

## TAMCHAKETT

### CLASSEMENT des PLUIES JOURNALIERES

(Nombre de jours de pluies comprises dans l'intervalle)

Année	Nombre de jours	0 - 5	5,1 - 10	10,1 - 15	15,1 - 20	20,1 - 25	25,1 - 30	30,1 - 35	35,1 - 40	40,1 - 45	45,1 - 50	50,1 - 60	60,1 - 70	70,1 - 80	80,1 - 90	90,1 - 100	100,1 - 125	125,1 - 150
1933	29	13	7	4	1	0	3	1										
1934	16	7	5	3	1													
1935	21	12	4		1	2	1			1								
1936	18	8	5	2		1		1	1									
1937	9	2	2	1	1	1			1									1
1938	19	9	4	3	2										1			
1939							Inutilisable											
1940	21	6	2	4	4	3	2											
1941	14	7	4	1		1		1										
1942	11	5	4		1			1										
1943							Inutilisable											
1944	18	6	3	5		3					1							
1945	18	5	5	5	1		1			1								
1946	17	6	3	5	1	1		1										
1947	26	9	4	6	1	1	2	2		1								
1948	18	9	3	1	2	1				1	1							
1949	23	14	4		1		3					1						
1950	23	11	6	2	1	1	1				1							
1951	36	20	8	2	2	3	1											
1952	24	10	2	6		1		2	1		2							

TABLEAU IV (Suite)

Année	Nombre de jours	0 - 5	5,1 - 10	10,1 - 15	15,1 - 20	20,1 - 25	25,1 - 30	30,1 - 35	35,1 - 40	40,1 - 45	45,1 - 50	50,1 - 60	60,1 - 70	70,1 - 80	80,1 - 90	90,1 - 100	100,1 - 125	125,1 - 150
1953	29	10	6	3	2	1	1	2	1				2		1			
1954	29	9	6	6	3	1	2	1					1					
1955	26	11	5	2	6	1	1											
1956	20	8	4	2		2	1		1		1						1	
1957	25	8	5	2	4	1	2	1				1					1	
1958	25	5	5	1	7	2	1	1	1	1							1	
1959	17	4	6	2	2	1	2											
1960	20	9	2	4	3		1	1										
Total sur 28 ans	552	223	114	72	47	28	25	15	6	5	6	2	3		1	1	3	1
Nombre moyen par an	19,607	7,964	4,036	2,536	1,643	1,000	0,893	0,536	0,214	0,179	0,214	0,071	0,107		0,036	0,036	0,107	0,036

- où :  $x$  : précipitation journalière
- $a$  : limite inférieure de précipitation journalière arbitrairement choisie
- $F(x), F(a)$  : fréquence de non dépassement des précipitations  $x$  ou  $a$
- $\varphi(x - a)$  : est donc la fréquence tronquée au non dépassement de  $x$  pour les valeurs de  $x \geq a$
- $\overline{L(x - a)}$  et  $\sigma_L(x - a)$  : sont respectivement la valeur moyenne et l'écart type de  $L(x - a)$  dans la loi tronquée.
- $L$  : logarithme naturel

Il est plus commode de considérer les fréquences de dépassement :

$$F_1(x - a) = 1 - \varphi(x - a) = \frac{F_1(x)}{F_1(a)}$$

On pourrait prendre  $a = 0$ , éliminant uniquement les jours sans pluie. Mais on a remarqué que la dispersion est en général très forte sur les mesures de faibles pluies, ce qui nous a conduit à adopter uniformément  $a = 10$  mm.

Dans ces conditions, la loi est entièrement déterminée par la connaissance de trois paramètres :

$$F_1(10), \overline{L(x - 10)}, \sigma_L(x - 10)$$

qui peuvent être estimés à partir de l'échantillon. Ici, nous nous sommes contentés pour les deux derniers d'un ajustement

graphique, le premier étant déduit directement du tableau IV (fréquence des pluies supérieures à 10 mm). On trouve :

$$\begin{aligned} F_1(10) &= 0,0208 \\ \frac{F_1(10)}{L(x-10)} &= 2,12 \\ \sigma_{L(x-10)} &= 1,08 \end{aligned}$$

Fréquence décennale :

$$\varphi_1(x-a) = \frac{1}{365 \times 10 \times 0,0208} = 0,0132$$

d'où  $u = 2,22 = \frac{L(x-10) - 2,12}{1,08}$

et  $x = 92 \text{ mm}$

Tableau V - AIOUN -

En opérant de même que pour TAMCHAKETT, on trouve :

$$\begin{aligned} F_1(10) &= 0,0280 \\ \frac{F_1(10)}{L(x-10)} &= 2,24 \\ \sigma_{L(x-10)} &= 0,89 \end{aligned}$$

Ce qui donnerait pour la fréquence décennale :

$$x = 85 \text{ mm}$$

Tableau VI - KIFFA -

$$\begin{aligned} F_1(10) &= 0,0308 \\ \frac{F_1(10)}{L(x-10)} &= 2,36 \\ \sigma_{L(x-10)} &= 0,85 \end{aligned}$$

d'où la pluie décennale : 90 mm

Ces chiffres sont en accord avec ceux qui ont été donnés par Y. BRUNET-MORET en utilisant d'autres méthodes.



TABLEAU V

## AIOUN

## CLASSEMENT des PLUIES JOURNALIERES

(Nombre de jours de pluies comprises dans l'intervalle)

Année	Nombre de jours	0 - 5	5,1 - 10	10,1 - 15	15,1 - 20	20,1 - 25	25,1 - 30	30,1 - 35	35,1 - 40	40,1 - 45	45,1 - 50	50,1 - 60	60,1 - 70	70,1 - 80	80,1 - 90	90,1 - 100	100,1 - 125
1946	26	15	4	2	1	2	1	1	1	1							
1947	24	9	7	4	2		2										
1948							pas de relevé										
1949	21	8	5	3	2	1		2									
1950	19	5	1	5	2	3		1			1			1			
1951	20	12	3	3				1						1			
1952							inutilisable										
1953	45	27	4	6	3	1	1		1	1			1				
1954	33	14	7	4	2	1		1		1	2	1					
1955	42	17	10	2	8	2	1	1				1					
1956	36	17	7	6	2		1	2				1					
1957	43	27	9	2	1		1	1	2								
1958	38	19	3	3	3	3	1		4		1	1					
1959	29	18	6	3		2											
1960	27	15	5	1	3	1			1			1					
Total sur 13 ans	403	203	67	46	30	15	9	8	10	3	4	5	1	2			
Nombre moyen par an	31,000	15,615	5,154	3,538	2,308	1,154	0,692	0,615	0,769	0,231	0,308	0,385	0,077	0,154			

# TABIEAU VI

## KIFFA

### CLASSEMENT des PLUIES JOURNALIERES

(Nombre de jours de pluies comprises dans l'intervalle)

Année	Nombre de jours	0 - 5	5,1 - 10	10,1 - 15	15,1 - 20	20,1 - 25	25,1 - 30	30,1 - 35	35,1 - 40	40,1 - 45	45,1 - 50	50,1 - 60	60,1 - 70	70,1 - 80	80,1 - 90	90,1 - 100	100,1 - 125	125
1923	29	8	6	2	7	1	2	1		1		1						
1924	28	6	7	6	2	4	2	1		1		1						
1925	26	13	5	3		2		1	1	1								
1926	24	13	4		5	2												
1927	37	12	7	3	7	1	1	3	2			1						
1928	19	5	5	3	1	2	1	1			1							
1929	29	9	5	7	2		1	3	1			1						
1930	28	11	5	3		5	1	1		1			1					
1931	20	7	2	5	4	1		1										
1932	26	9	4	1	3	4	1	1	2	1								
1933	23	4	1	1	3	5	2	1	1	1		1	1	2				
1934	24	7	6	4		1	2	1	2				1					
1935	18	4	5	1		4	1	1	1	1								
1936	33	14	4	2	5		2	1	2	1				1	1			
1937	26	10	4	4	1	3	2	1	1									
1938	29	13	6	4	1	1	1		3									
1939	20	10	8	2														
1940	21	6	6	2	2	2					1	2						
1941	17	8	5		2			2										
1942	13	6	3	2					1	1								
1943	31	8	8	7	3	1	1	1			1				1			
1944	17	7	4	2	2	1	1											
1945	26	8	5	1	6	2	2					2						
1946	15	2	4	4	2	1			1	1								

TABLEAU VI (Suite)

Année	Nombre de jours	0 - 5	5,1 - 10	10,1 - 15	15,1 - 20	20,1 - 25	25,1 - 30	30,1 - 35	35,1 - 40	40,1 - 45	45,1 - 50	50,1 - 60	60,1 - 70	70,1 - 80	80,1 - 90	90,1 - 100	100,1 - 125	125
1947	23	8	4	5	1	3	1		1									
1948	25	7	5	5	1			2	2	1			1	1				
1949	20	4	4	4	4	2		2										
1950	30	8	10	5		3		1			3							
1951	34	14	3	7		4	2	2		1			1	1				
1952	25	6	8	2	2	2	2	1						1			1	
1953	39	21	7	6	3			2										
1954	39	20	8	1	3	1	2	1	1	1		1						
1955	34	18	4	2	5	2				1	1			1				
1956	34	18	3	3	3	2	1		3							1		
1957	38	16	9	4	4	1		1	1			1		1				
1958	34	10	5	4	4	6	1			1	2						1	
1959	31	13	10	1	2		1	2		1		1						
Total sur 38 ans	1011	379	204	119	93	70	33	35	26	15	9	11	5	7	2	1	2	
Nombre moyen par an	26,605	9,974	5,368	3,132	2,447	1,842	0,868	0,921	0,684	0,385	0,237	0,289	0,132	0,184	0,053	0,026	0,053	...

Nous avons vu que, pour les pluies annuelles, la corrélation entre ces trois postes est très faible. Il en est de même pour les pluies journalières. Un sondage parmi les fortes averses montre que la concomitance de celles-ci aux trois postes est exceptionnelle. Dans ces conditions, l'utilisation de la méthode des stations-années ne semble pas absurde, bien que les modules pluviométriques soient assez différents, pour estimer les pluies exceptionnelles en un point quelconque du massif. On dispose ainsi de 79 stations-années pour lesquelles la répartition des pluies est la suivante (nombres cumulés) :

: Hauteur de : : la préci- : : pitation : : mm :	Nombre : : de jours : : sur : : 79 ans :	Nombre de : : jours : : moyens : : annuels :	: Hauteur de : : la préci- : : pitation : : mm :	Nombre de : : jours : : sur : : 79 ans :	Nombre de : : jours : : moyens : : annuels :
: 0 :	: 1966 :	: 24,9 :	: 40 :	: 89 :	: 1,13 :
: 5 :	: 1161 :	: 14,7 :	: 45 :	: 66 :	: 0,835 :
: 10 :	: 776 :	: 9,82 :	: 50 :	: 47 :	: 0,595 :
: 15 :	: 539 :	: 6,82 :	: 60 :	: 29 :	: 0,367 :
: 20 :	: 369 :	: 4,67 :	: 70 :	: 20 :	: 0,253 :
: 25 :	: 256 :	: 3,24 :	: 80 :	: 11 :	: 0,139 :
: 30 :	: 189 :	: 2,39 :	: 90 :	: 8 :	: 0,101 :
: 35 :	: 131 :	: 1,66 :	: 100 :	: 6 :	: 0,076 :
: :	: :	: :	: 125 :	: 1 :	: 0,013 :

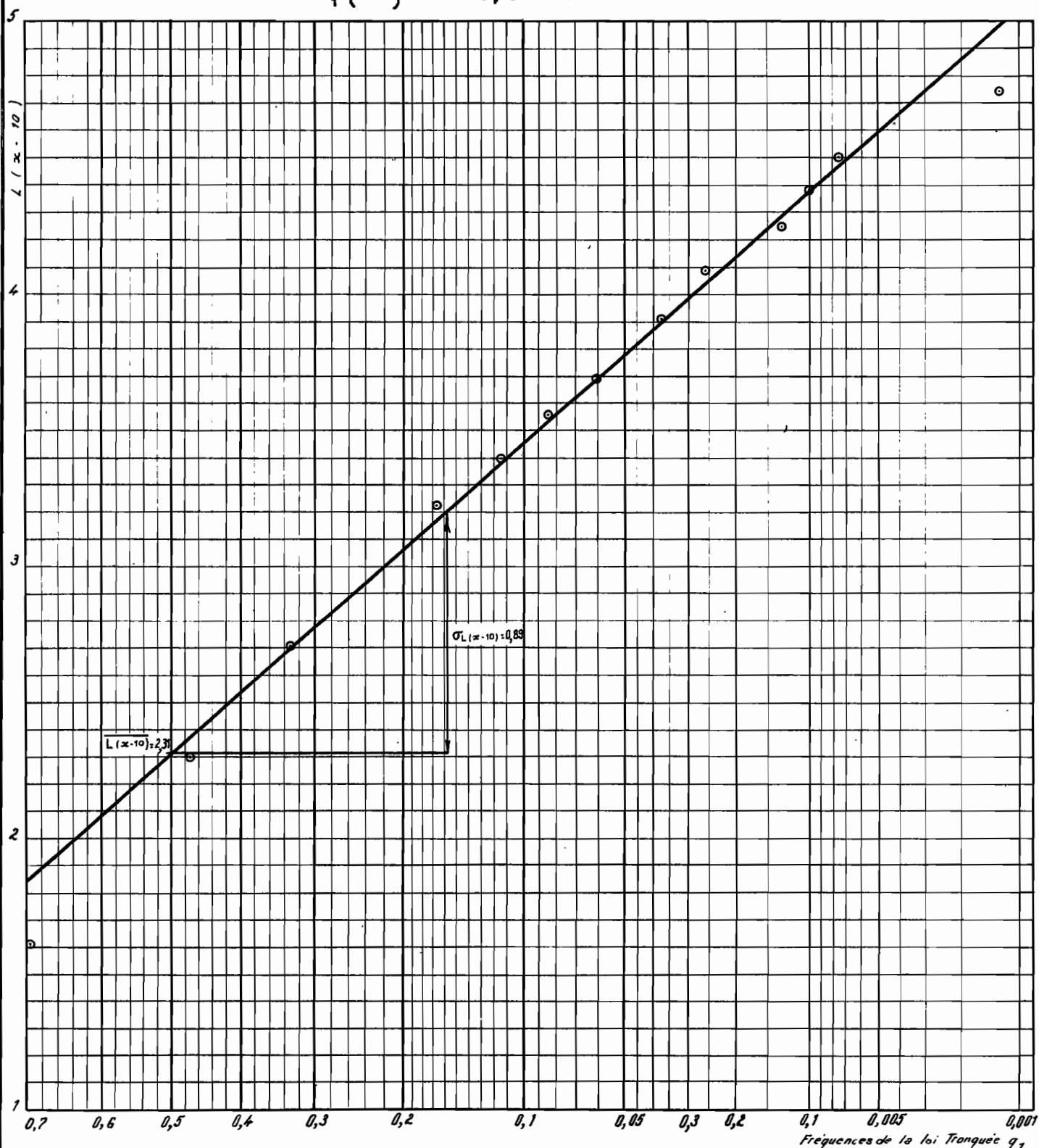
En utilisant la même loi que précédemment, on peut tracer le graphique de la figure 3 et estimer les différents paramètres comme suit :

# RÉPARTITION DES PLUIES JOURNALIÈRES POUR L' ENSEMBLE TAMCHAKETT-AÏOUN-KIFFA

( 79 stations-années )

Gr. 3

$$F_1(10) = 0,0269$$



MAU 10 081

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

ED:

LE: IV-10-1964

DES: J.-P. Huet

VISA:

TUBE N°:

A1

$$\frac{F_1(10)}{L(x-10)} = 0,0269$$

$$L(x-10) = 2,31$$

$$\sigma_{L(x-10)} = 0,89$$

On en déduit :

$$q_1 = 0,0102 \quad \text{pluie décennale} \quad : \quad 90 \text{ mm}$$

$$q_1 = 0,00204 \quad \text{pluie cinquantenaire} \quad : \quad 140 \text{ mm}$$

$$q_1 = 0,00102 \quad \text{pluie centenaire} \quad : \quad 165 \text{ mm}$$

B - OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES EFFECTUEES DURING la CAMPAGNE -

1960 a été une année sèche sur l'ensemble de l'AFFOLE. Quelques incursions de la Mousson, en Mai et Juin, ont fait penser aux gens du pays que l'hivernage serait précoce, mais il s'agissait là de manifestations tout à fait sporadiques qui n'ont pas empêché l'harmattan de souffler presque continuellement jusqu'au 15 Juillet environ.

Durant cette période préparatoire, on a noté une certaine activité orageuse. Un premier vent de sable violent a eu lieu le 12 Juillet, suivi d'une faible précipitation. La même chose s'est produite dans l'après-midi du 15 Juillet (durant près de deux heures).

La première pluie importante s'est produite le 16 Juillet, accompagnée d'un vent extrêmement violent : les précipitations ont intéressé l'ensemble du Massif et même l'Ouest jusqu'à KIFFA, mais de façon très irrégulière (31 mm à LEHBILE, intensité de pointe de 115 mm/h).

Du 17 au 23 Juillet, le ciel était en général dégagé le matin. L'après-midi le temps était orageux et pénible, le ciel couvert. Ce fut une période de petites tornades isolées dont aucune n'a affecté un de nos appareils. L'activité orageuse s'est manifestée surtout à l'Est où une forte averse a été observée le 21, à AÏOUN .

Le 24 Juillet, averses sur l'AFOLLE avec vent de sable peu violent. Cette fois, c'est le quart Sud-Est qui est le plus arrosé (31 mm à LEHBILE). AÏOUN est intéressé par la pluie, tandis que TAMCHAKETT et KIFFA ne reçoivent rien.

Le régime des petites tornades isolées reprend ensuite avec temps essentiellement variable. Le 2 Août, une ligne de grain continue et bien homogène balaie tout le pays ; toute la zone du triangle AÏOUN - TAMCHAKETT - KIFFA est arrosée (pluies modérées). Puis la situation évolue vers une demi-stabilité avec ciel souvent dégagé le matin et formations orageuses à partir de 11 heures. Rosée abondante durant cette période. Quelques pluies localisées.

Le 12 Août, vers 18 h.30, arrivée d'un front nuageux parfaitement rectiligne précédé d'un vent assez fort ; il se présente sous forme d'une barre orientée Nord-Sud et couvrant plus de 100 km. Cette formation donne lieu à des pluies intenses et abondantes sur l'ensemble du massif de l'AFOLLE ; son effet se fait sentir au moins d'AÏOUN à KIFFA (sens de déplacement de la ligne de grains). Les heures de passage à TAMCHAKETT, GUELAB et LEHBILE (maximal avec 62 mm) montrent la remarquable unité de cette manifestation météorique qui a donné lieu, dans tout le massif, aux écoulements les plus abondants de l'année.

Le matin du 15 Août, une autre ligne de grains balaye à nouveau le pays mais avec des précipitations faibles. Autre ligne de grains le 19 Août, déjà moins généralisée, puis on entre dans une période de tornades isolées qui iront en s'espacant jusqu'à la fin de la saison des pluies.

Le tableau VII donne les pluies journalières tombées aux postes d'observations du massif de l'AFOLLE, en 1960. Nous avons indiqué également, sur ce tableau, les pluies journalières enregistrées à AFOUN et à KIFFA.

Aucune de ces pluies n'est très forte : le maximum de 62 mm observé à LEHBILE a une fréquence moyenne de une fois environ tous les trois ans. La formation de cette dernière averse est assez particulière. On admet généralement que les pluies tropicales, surtout dans les zones les plus septentrionales du climat tropical africain, se propagent d'Est en Ouest, alignées sur des "lignes de grains" perpendiculaires à cette direction. Dans ce schéma, les tornades d'une même ligne de grains seraient séparées les unes des autres par des zones d'accalmie, et leur rayon d'action, ou plutôt leur "bande d'action" serait assez limitée. Or ce n'est pas la première fois que nous observons, au lieu de "lignes de grains" plus ou moins discontinues, des "rouleaux" homogènes de même orientation et susceptibles d'engendrer des averses intenses et "jointives" sur des distances considérables. Ces observations (ENNEDI, MORTCHA, outre notre campagne dans l'AFOLLE) sont en accord avec celles de Y. BRUNET-MORET dans le BRAKNA et le TAGANT. Nous pensons que ce sont de telles averses et non pas des séries de grains successifs, qui seraient responsables des forts écoulements sur des bassins étendus. Evidemment, l'écoulement à pleins bords des grands oueds de l'AFOLLE exigerait des "rouleaux" beaucoup



TABLEAU VII

PLUIES JOURNALIERES aux DIFFERENTS POSTES  
d'OBSERVATIONS DURANT L'HIVERNAGE 1960

Date	TAMCHAKETT		GUELAB		LEHBILE		AOUN	KIFFA
	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Hauteur
	mm	du	mm	du	mm	du	mm	mm
		début		début		début		
Mai	22							
	27						0,8	
	Total		0		0		0,8	0
Juin	1						5,7	0,5
	2						4,2	
	3	8,3	(5) ?		(5) ?			
	21							0,7
	24		1,5		1,0			
	25				0,5		2,5	2,1
	26		2,5				1,1	1,7
	27	11,5						
	Total		9,0		6,5		13,5	5,0
Juil.	3				8,5			
	7	0,5						
	9							6,5
	12				2,0			
	13		1,0					
	15	17,0	17h.30		0,5		6,1	1,2
	16	5,0	18h.	1,0	31,0	18h40		15,5
	20	2,5						0,9
	21						51,6	
	22						10,0	
	24		14,0	12h10	31,0	12h55	18,4	
	26		4,5	17h30	3,5	18h		
	29		0,5		5,5		7,0	5,9
	31	0,5						
	Total		21,0		82,0		93,1	30,3

TABLEAU VII (Suite)

Date	TAMCHAKETT		GUELAB		LEHBILE		AIOUN	KIFFA	
	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Heure	Hauteur	Hauteur	
	mm	du début	mm	du début	mm	du début	mm	mm	
Août	2	11,0	8 h	9,0	7h.30	15,5	7h.50	39,9	5,8
	3								5,4
	4							3,8	
	5	0,5						1,3	
	9							1,0	
	10			3,0	12 h.	6,5	12 h.		18,9
	12	32,5	18h50	52,5	18h40	62,0	19h10	17,4	7,1
	14							1,9	
	15	5,0	8h10	12,0	7 h.	4,0	7 h.	3,3	0,5
	18							5,0	
	19			13,0	0h45	21,0	1 h.		1,0
	22							13,1	
	23	0,5		21,5	4 h.				0
	24								19,5
	25					0,5			
	27	18,5	21h50						
	30	1,0							
	Total	69,0		111,0		109,5		86,7	58,2
Sept.	1			11,0	15 h.			6,2	0,7
	2	14,0	0h20						
	8	26,0	9h	23,0	11h30	0,5		18,0	0,8
	11			1,5					
	13								24,5
	15					0,5			
	16			2,5		0,5		0,6	1,2
	18							1,3	
	19			10,5	3h05	3,5			
	21							0,9	13,5
	22	7,0		-		-		5,3	2,8
	24			-		-		0,2	2,1
	28			-		-		0,3	1,5
	30	20,0		-		-			1,0
	Total	67,0		48,5		5,0		32,8	48,1

plus puissants que celui du 12 Août 1960. Cette remarque a son importance, car elle montre qu'il faut se méfier lorsqu'on manipule les coefficients d'abattement pour l'estimation des crues exceptionnelles.

Pour l'ensemble de la campagne, on arrive aux totaux pluviométriques suivants :

	TAMCHAKETT	GUELAB	LEHBILE
Mai	3,5	0	0
Juin	19,8	9,0	6,5
Juillet	25,5	21,0	82,0
Août	69,0	111,0	109,5
Septembre	67,0	48,5	5,0
Total	184,8	189,5	203,0

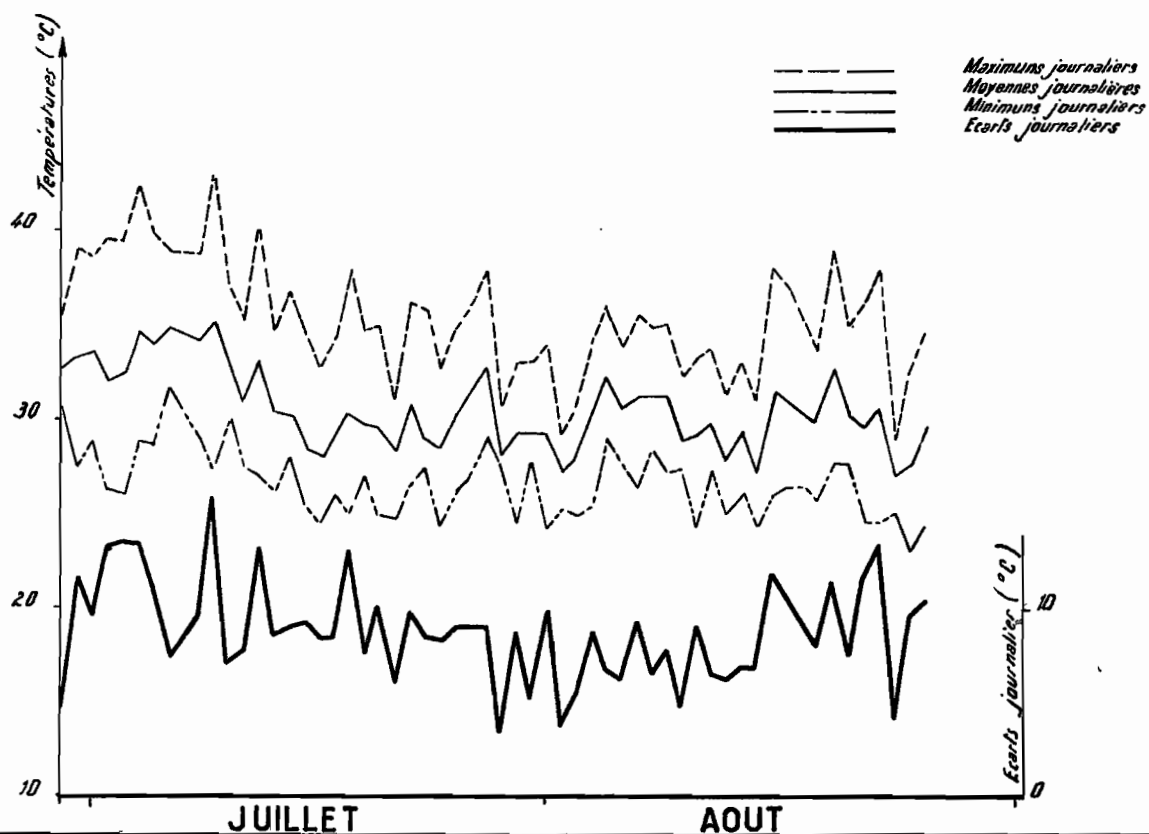
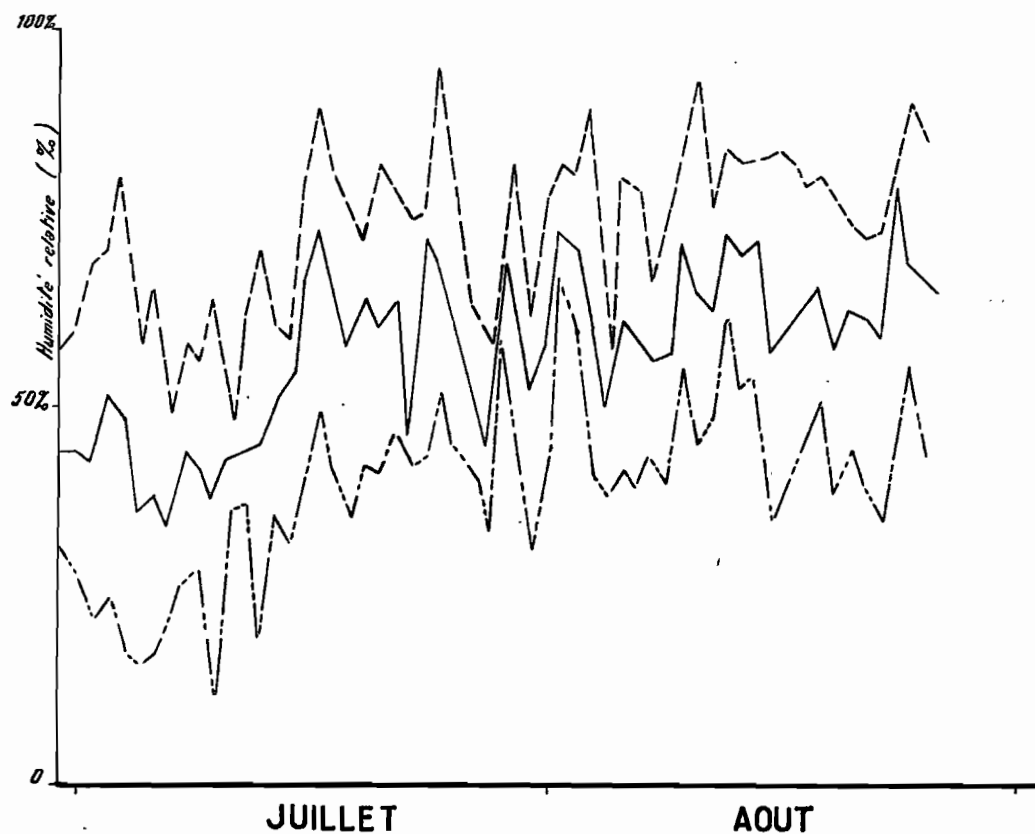
On trouvera en annexe les hyétogrammes relatifs aux principales averses enregistrées à LEHBILE.

#### C - AUTRES OBSERVATIONS CLIMATIQUES -

Une série d'observations de températures et d'humidité a été effectuée durant la campagne, du 29 Juin au 26 Août. Les mesures étaient faites au moyen d'un psychromètre à aspiration ; la lecture du thermomètre sec tenant lieu de mesure de température. Le détail de ces observations est donné en annexe.

Le graphique 4 montre la variation des maximums et minimums de température et d'humidité, ainsi que les moyennes et les écarts journaliers. Les mesures ont été faites en des

## Mesures climatiques



MAU 10 082

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: 28/11-10-1960

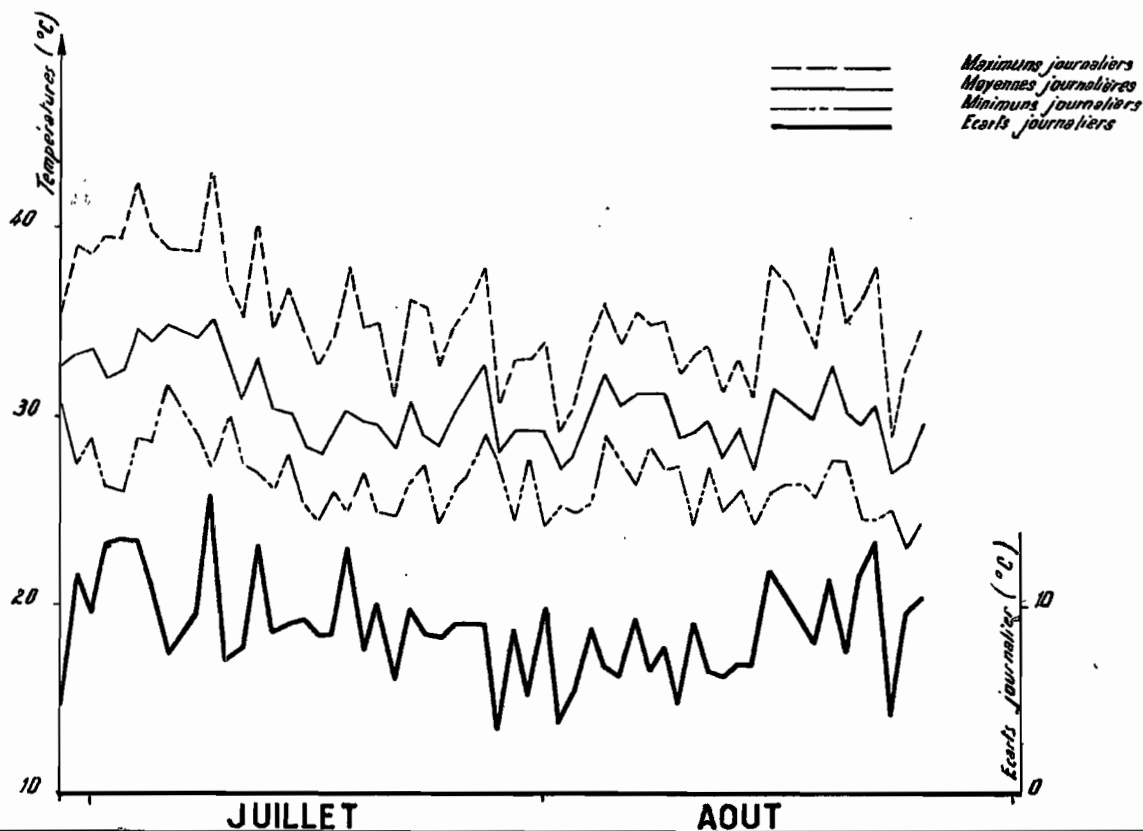
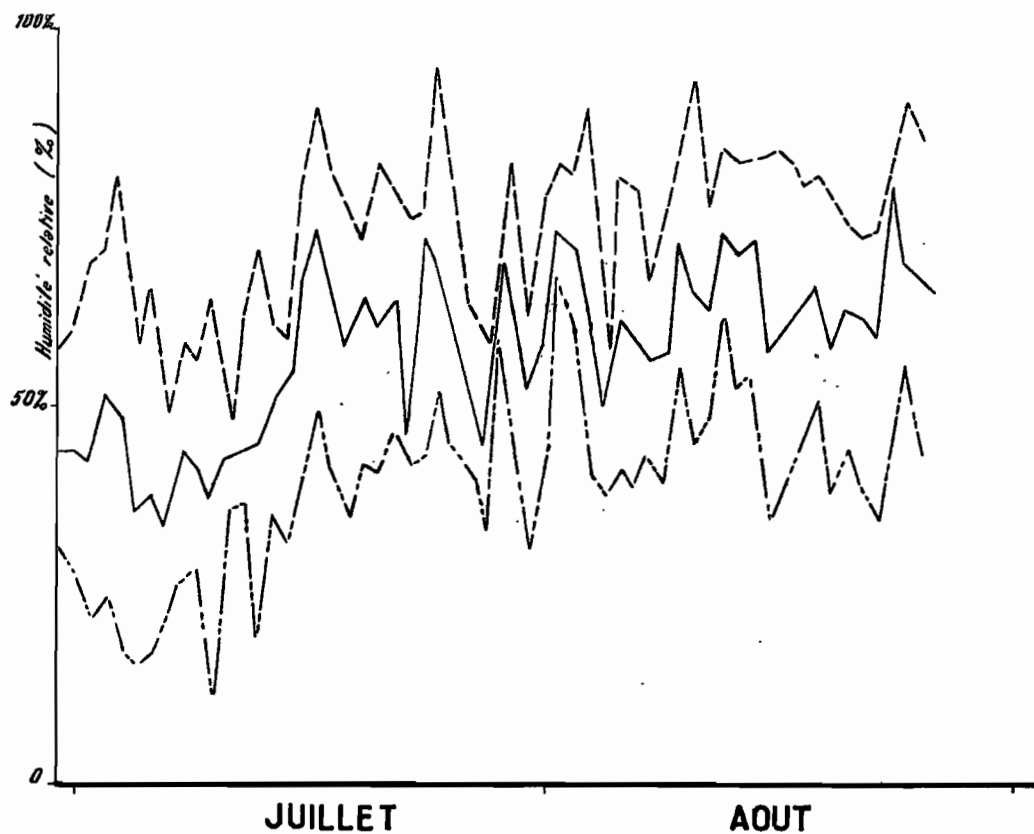
DES: J-P. Huet

VISA:

TUBE N°:

A 0

## Mesures climatiques



MAU 10 082

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: EQUIP. 10-MONEX

DES: J.-P. Hecq

VISA:

TUBE N°:

A 0

lieux différents (surtout GUELAB et LEHBILE), mais nous avons pu constater qu'il existe une certaine homogénéité dans le climat de cette région et l'allure générale du graphique donne une idée suffisamment précise de l'évolution du climat durant l'hivernage 1960.

Notons enfin que des données sur l'évaporation ont pu être déduites des limnigrammes de LEHBILE. Elles seront indiquées au chapitre concernant cette station. (Voir pages 43, 46, 47, 49, 52).

LEHBILE  
Pluie et Ecoulement



Arrivée d'un vent de sable



LEHBILE sous le vent de sable



Arrivée du "rouleau" du 12 Août



Ecoulement dans la brèche élargie  
après la crue des 12 et 13 Août

## CHAPITRE IV

### OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES à LEHBILE et au GRAND GRAIR

#### A - OBSERVATIONS au DROIT du BARRAGE de LEHBILE (B.V. : 143 km<sup>2</sup>) -

Une échelle doublée d'un limnigraphe a été installée dans la retenue, près de la digue. Le zéro du limnigraphe correspondait à la cote + 008 cm à l'échelle, soit à la cote 9,36 m du plan G.R. (plan n° 237 établi en Février 1958). Il faut distinguer trois périodes dans l'exploitation de cette installation.

##### 1) Avant la rupture du barrage :

La topographie de la cuvette est connue avec une précision suffisante et il est possible de tracer une courbe de remplissage utilisable pour la mesure des apports. Les courbes S (H), surface noyée en fonction de la cote dans la retenue, V (H), volume emmagasiné en fonction de la même cote, sont tracées sur le graphique 5. Les hauteurs sont données en cotes plan G.R. et en cotes limnigraphe.

Les débits instantanés sont obtenus en dérivant par rapport au temps la courbe des volumes cumulés correspondant à une crue. En effet, les vitesses sont extrêmement faibles dans la retenue et on peut considérer que la réponse de celle-ci aux apports de l'oued est instantanée (pertes de charges négligeables, pas de courbe de remous.

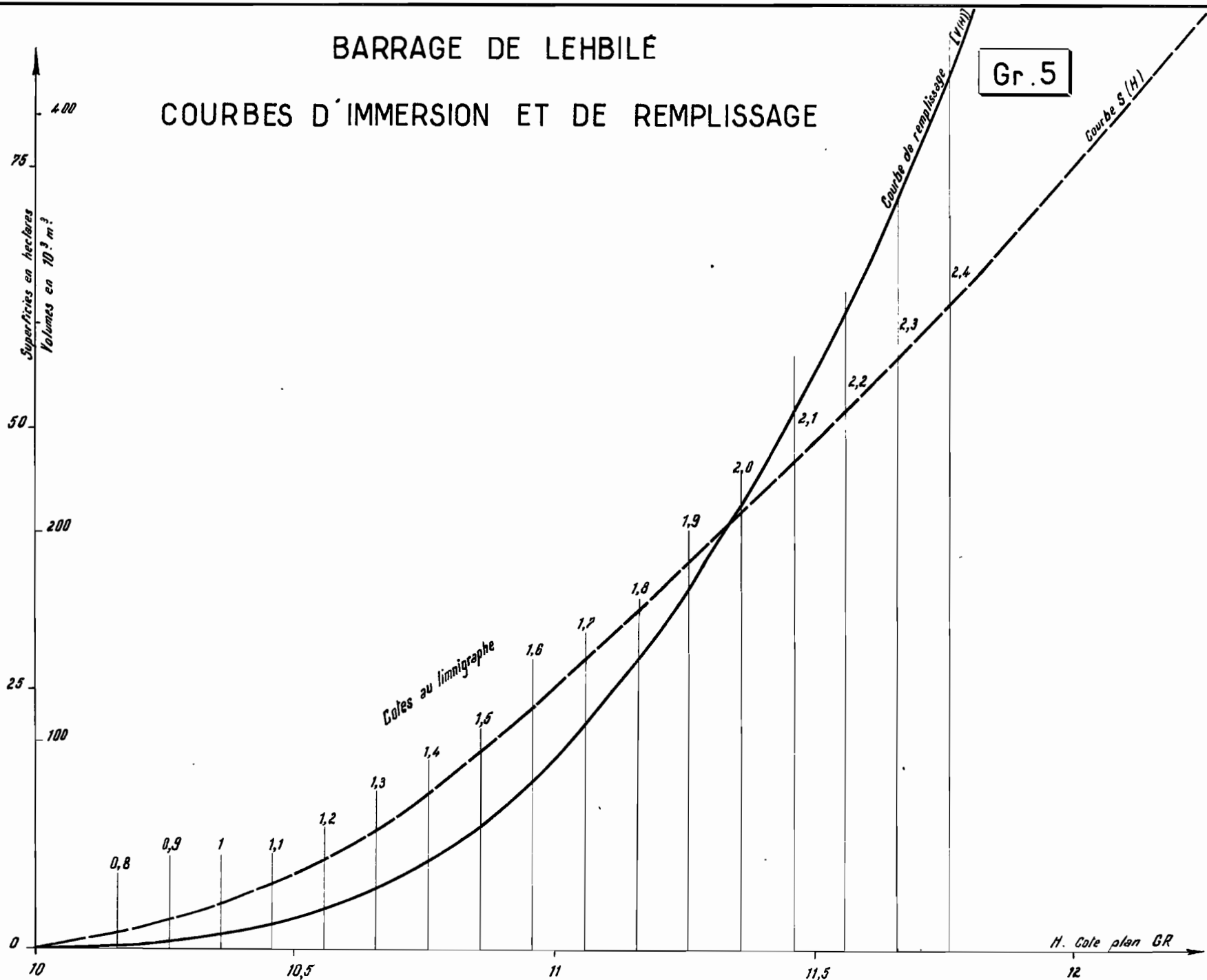
Durant cette période, deux crues se sont produites.



# BARRAGE DE LEHBILÉ

## COURBES D'IMMERSION ET DE REMPLISSAGE

Gr. 5



MAU 10.083

ED:

LE: M. M. M. M. M.

DES: J. J. J. J. J.

VISA:

TUBE No:

A1

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

Crue du 16 Juillet 1960 :

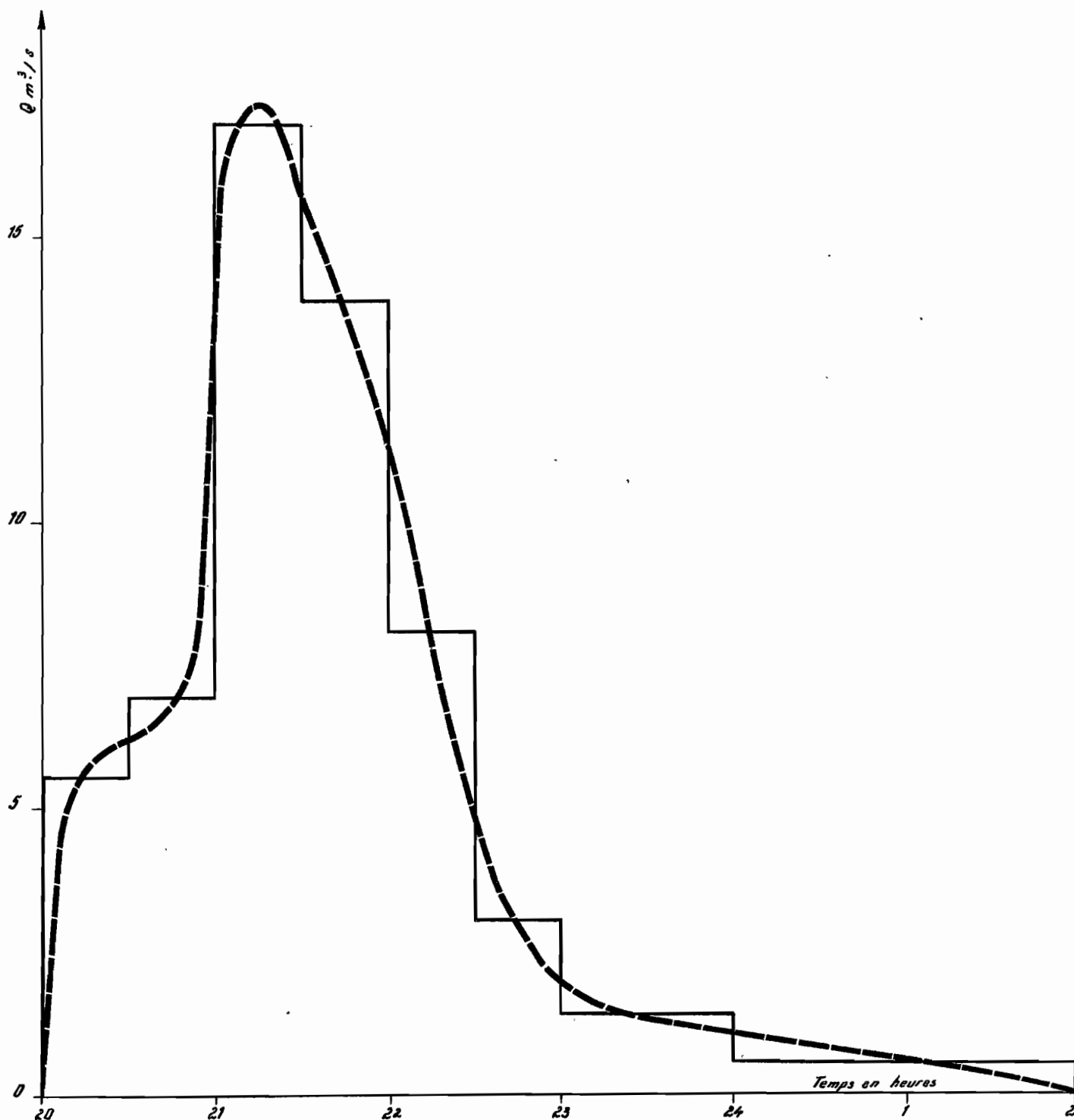
On a observé l'hydrogramme suivant :

Heure	Cote au limnigraphe cm	Cote G.R. m	Volume total m <sup>3</sup>	Volume partiel m <sup>3</sup>	Débit m <sup>3</sup> /s
19 h.	0	9,36	# 0		
19 h.30	6	9,42	# 0		
20 h.	72	10,08	# 0	10 000	5,55
20 h.30	105	10,41	10 000	12 500	6,95
21 h.	123	10,59	22 500	30 500	16 95
21 h.30	146	10,82	53 000	25 000	13,9
22 h.	158	10,94	78 000	14 500	8,1
22 h.30	164	11,00	92 500	5 500	3,06
23 h.	166	11,02	98 000	5 000	1,39
24 h.	167,5	11,035	103 000	4 000	0,55
02 h.	169	11,05	107 000		

L'hydrogramme est représenté sur le graphique 6, la courbe en paliers correspond aux débits moyens d'intervalles calculés ci-dessus. Le débit maximal doit être aux environs de 17 m<sup>3</sup>/s ; il est séparé par un intervalle de 2 h.10 du centre de gravité de la précipitation. La première bosse que l'on remarque sur le graphique correspond à un maximum de ruissellement local qui aurait commencé 1 heure environ après le centre de gravité de la pluie et aurait atteint son paroxysme 20 minutes plus tard (temps de montée local). La durée totale du ruissellement est d'environ 3 heures.

## BARRAGE DE LEHBILÉ

Crue du 16-7-60



MAU 10.084

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE &amp; ÉTRANGER

ED:

LE 20-08-60

DES: J-P. HUBERT

VISA:

TUBE N°:

A1

La précipitation (31 mm à LEHBILE) n'a intéressé qu'une faible partie du bassin : environ 10 %, d'après les renseignements recueillis (pas une goutte d'eau à 5 - 6 km du barrage). Elle semble avoir été beaucoup plus abondante sur le GRAND GRAIR et surtout sur le bassin intermédiaire du barrage d'ANZEYE que sur le bassin de LEHBILE lui-même. Dans ces conditions, le coefficient d'écoulement global serait de l'ordre de 40 %, le coefficient de ruissellement n'étant guère inférieur : ces chiffres correspondent à un bassin de 15 km<sup>2</sup>.

Du 17 au 24 Juillet, il n'y a eu aucune précipitation et le niveau de la retenue a décru régulièrement. Nous avons vérifié qu'aucune perte ne s'est produite par la digue ; les pertes sont donc dues en totalité à l'évaporation et surtout à l'infiltration dans le sol de la retenue :

- Du 17 Juillet à 6 heures au 22 Juillet à 4 heures, on a 210 mm de pertes soit 43,5 mm/jour.

- Du 22 à 4 heures au 24 à 13 heures, les pertes ont été de 50 mm, soit 18 mm/jour.

La différence entre ces deux chiffres s'explique facilement par le fait que le terrain était complètement desséché avant la crue et s'est ensuite progressivement saturé.

#### Crue du 24 Juillet 1960 :

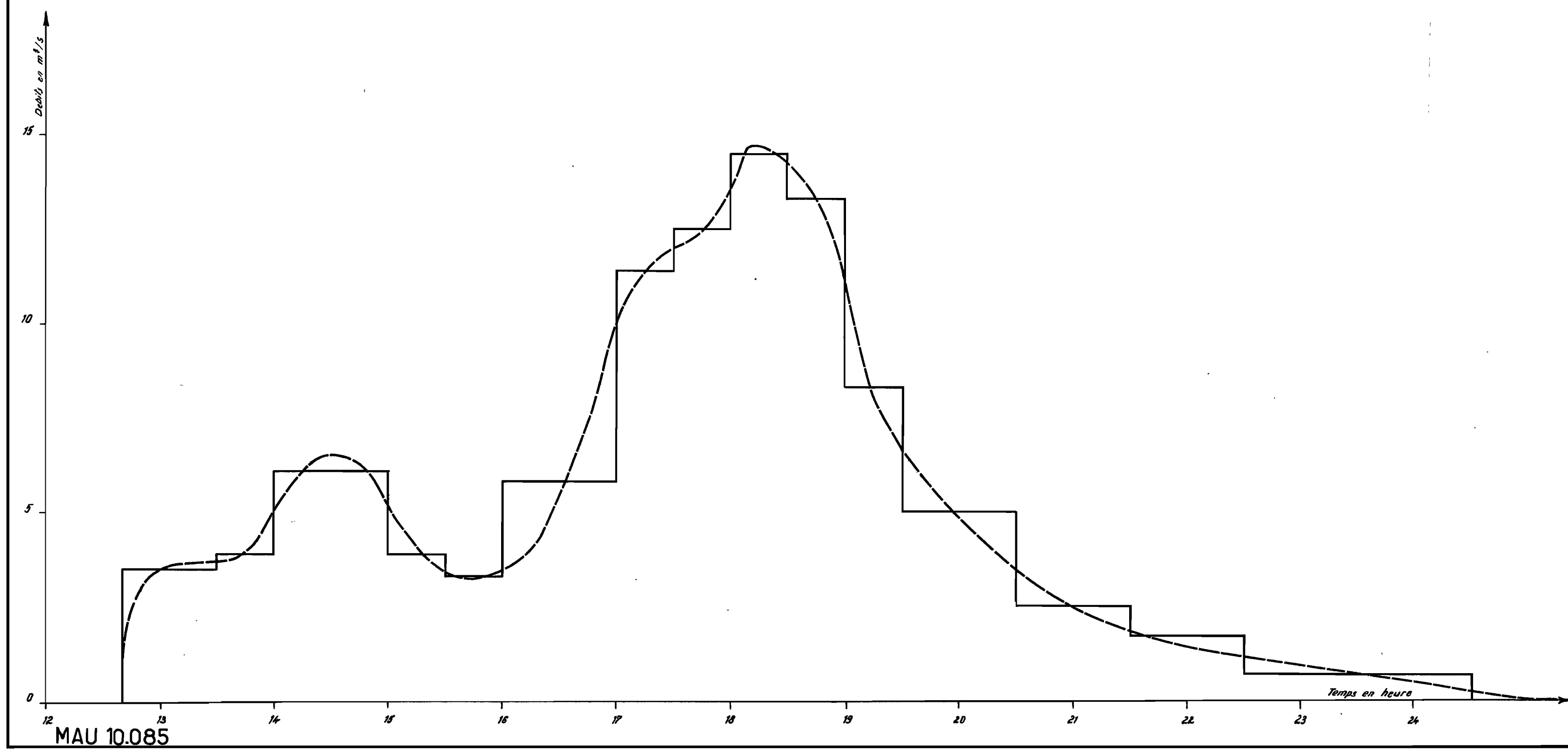
On a observé l'hydrogramme suivant :

Heure	Cote au limnigraphe cm	Cote GR m	Volume total m <sup>3</sup>	Volume partiel m <sup>3</sup>	Débit m <sup>3</sup> /s
12 h.40	143	10,79	47 500	8 500	3,5
13 h.30	146	10,82	54 000	7 000	3,9
14 h.00	150	10,86	61 000	11 000	6,1
14 h.30	155	10,91	72 000	11 000	6,1
15 h.00	160	10,96	83 000	7 000	3,9
15 h.30	163	10,99	90 000	6 000	3,3
16 h.00	165	11,01	96 000	21 000	5,8
17 h.00	172,5	11,085	117 000	20 500	11,4
17 h.30	179,5	11,155	137 500	22 500	12,5
18 h.00	186	11,22	160 000	26 000	14,5
18 h.30	193	11,29	186 000	24 000	13,3
19 h.00	199	11,35	210 000	15 000	8,3
19 h.30	202,7	11,387	225 000	18 000	5,0
20 h.30	206,8	11,428	243 000	9 000	2,5
21 h.30	208,7	11,447	252 000	6 000	1,7
22 h.30	210	11,46	258 000	5 000	0,7
24 h.30	211	11,47	263 000		

L'hydrogramme présenté sur le graphique 7 est beaucoup plus complexe que le précédent. En effet, la précipitation (31 mm à LEHBILE) a intéressé la totalité du bassin dont nous voyons les différents constituants réagir successivement.

# BARRAGE DE LEHBILÉ

Crue du 24-7-60



MAU 10.085

- Ruissellement local presque immédiat.
- Ruissellement de la partie aval 1 h.20 après le centre de gravité de la pluie (maximum :  $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).
- Ruissellement du plateau de KITAN avec un maximum de l'ordre de  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ , inférieur au maximum aval de la crue précédente, se produisant 5 heures après le centre de gravité de la pluie.

La durée totale du ruissellement pur est plus difficile à déterminer : de l'ordre de 8 heures.

L'averse, dont la hauteur à LEHBILE est la même que celle du 16 Août, est plus étalée dans le temps, avec une intensité de pointe moins élevée. Ce phénomène doit être encore plus accusé dans le reste du bassin, ce qui expliquerait les débits moins élevés. D'autre part, les précipitations, bien qu'ayant intéressé tout le bassin, n'ont pas eu partout la même abondance. Le coefficient d'écoulement, pour l'ensemble du bassin ( $143 \text{ km}^2$ ), peut être estimé de 10 à 20 %.

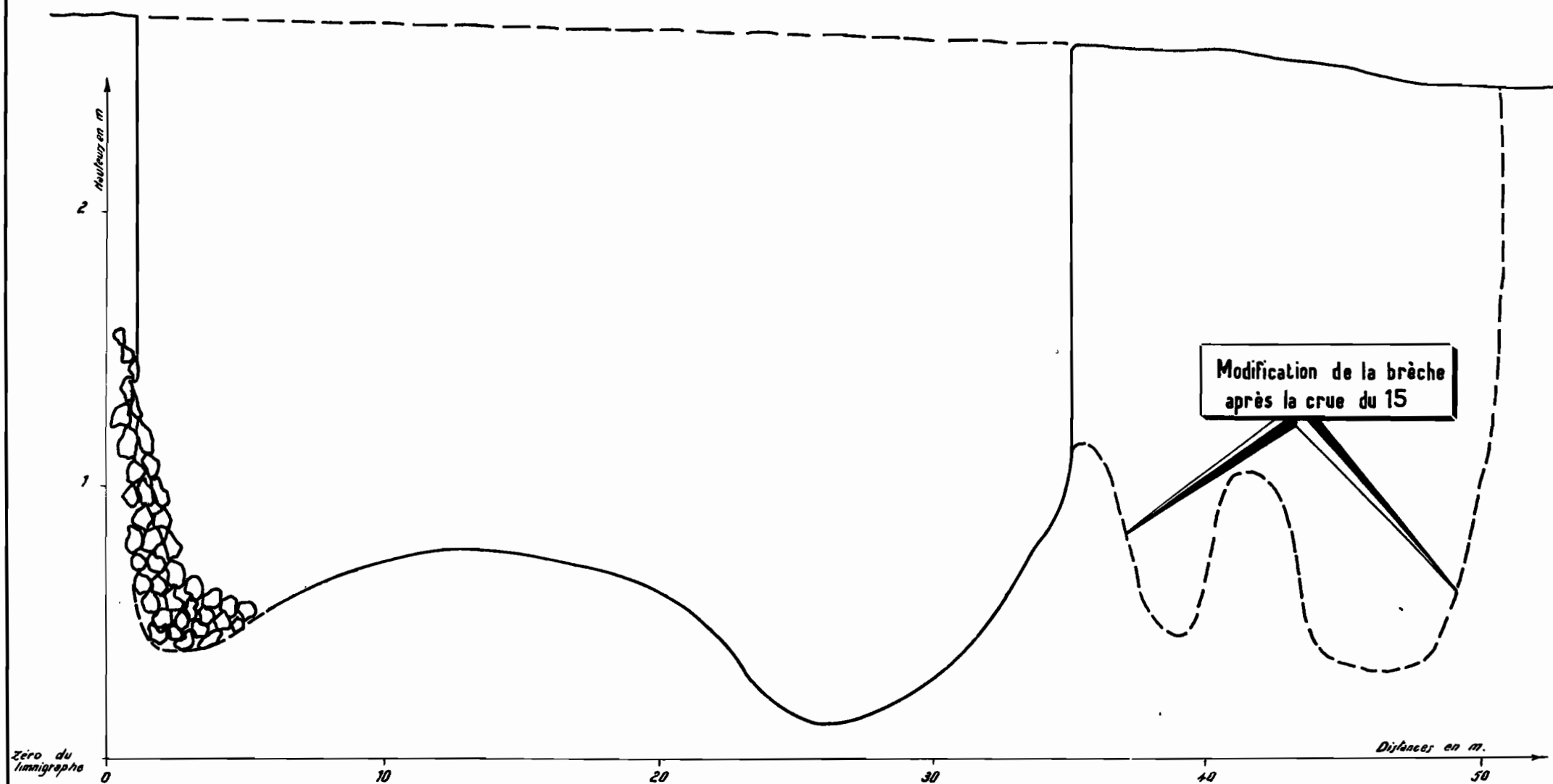
Cette crue, survenant dans une retenue déjà en eau, a provoqué la rupture de la digue. Cette rupture s'est produite, ainsi que le montre l'enregistrement, alors que les apports étaient pratiquement nuls. Elle est due à l'attaque de la crête par les vagues. La brèche ainsi créée avait une longueur de 34 m ; son profil figure sur le graphique 8.

## 2) Après la rupture du barrage :

Les petites précipitations du 26 et du 29 Juillet n'ont pratiquement donné aucun écoulement, juste une insignifiante remontée de la retenue réduite à l'état de mare après l'ouverture de la brèche.

## PROFIL DE LA BRÈCHE DE LEHBILÉ

21 Juillet 1960





Durant la période qui s'écoule jusqu'à la crue du 2 Août, on observe les évaporations - infiltrations suivantes :

- Du 27 Juillet à 18 heures au 29 Juillet à 8 heures : 60 mm, soit 23 mm/jour.

- Du 30 Juillet à 8 heures au 1er Août à 8 heures : 40 mm, soit 20 mm/jour.

Pendant la décrue du 25 Juillet, on avait commencé l'étalonnage de la brèche au moyen de jaugeages aux flotteurs. Après l'assèchement du passage, un lever a permis de déterminer la variation de la section mouillée en fonction de la hauteur du plan d'eau et une base de mesure plus correcte a été installée.

Les mesures aux flotteurs ont été poursuivies durant la crue du 2 Août, permettant de tracer la courbe d'étalonnage du graphique 9.

Le 2 Août, une pluie de 15,5 mm, présentant une pointe d'intensité au début, a donné un écoulement localisé dans la partie aval du bassin : maximum de  $8,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . L'hydrogramme correspondant est tracé sur le graphique 10.

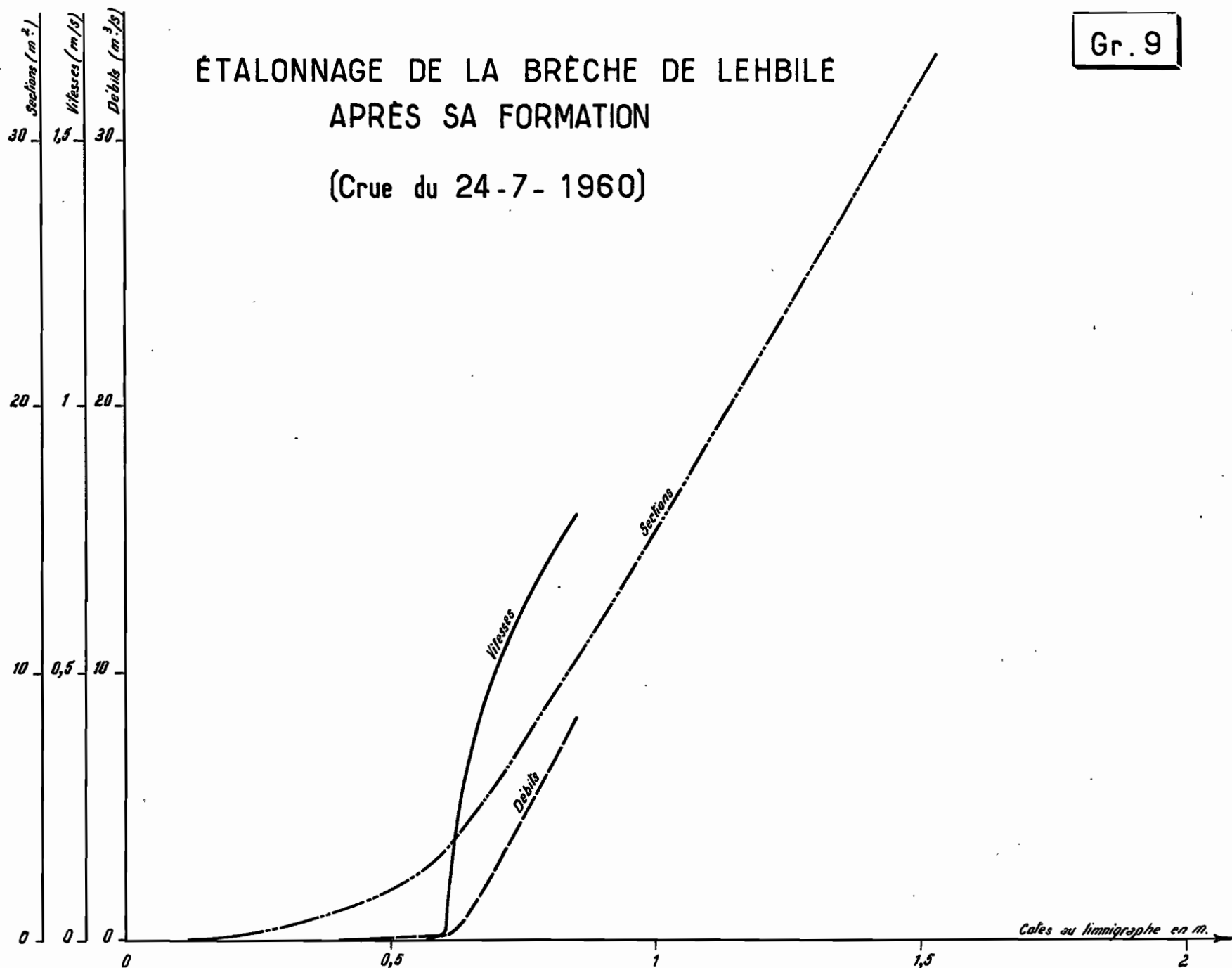
Au cours des jours suivants, l'évaporation - infiltration de la mare a donné les résultats ci-dessous :

- Du 4 Août (0 heure) au 7 (12 heures) : 64 mm soit 18,3 mm/jour .

- Du 7 Août (21 heures) au 10 (12 heures) : 50 mm soit 19 mm/jour.

# ÉTALONNAGE DE LA BRÈCHE DE LEHBILÉ APRÈS SA FORMATION (Crue du 24-7-1960)

Gr. 9



MAU 10 087

ED: ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER  
LE: 10 10 1960 DES: J. J. B. 10 10 1960 VISA: TUBE N°: A1

MAU 10.088

ED:

LE: 27.10.1960

DES: J. J. M. B. 19

VISA:

TUBE N°:

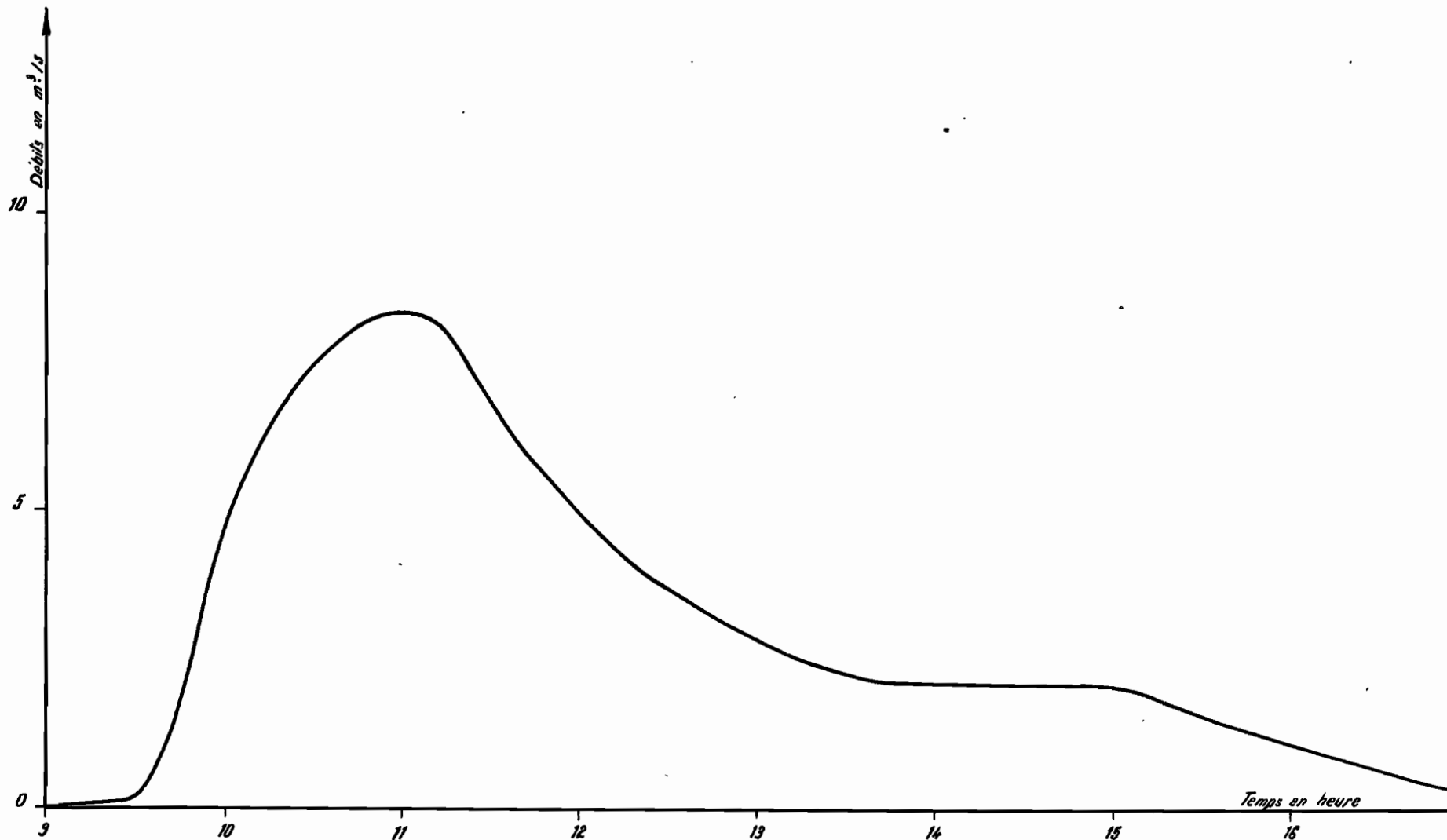
A1

ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

Gr. 10

# BARRAGE DE LEHBILÉ

(Crue du 2 - 8 - 1960)



Nous avons essayé d'analyser plus finement le phénomène en utilisant les tangentes aux points d'inflexion observés sur les enregistrements. On arrive ainsi aux mêmes valeurs pour les observations du 4 et 5 Août et celles du 8 et 9 Août, soit :

- Intensité maximale d'évapo-infiltration de jour : 30 mm/j,
- Intensité minimale d'évapo-infiltration de nuit : 8 mm/j.

Il s'agit là de valeurs instantanées. Ces résultats montrent que l'évaporation est au moins égale à 10 mm/jour ; l'infiltration, qui ne doit pas être influencée par la température et l'humidité de l'air, ne peut pas dépasser 8 mm par jour sur le terrain saturé de LEHBILE, alors qu'elle était certainement supérieure à 35 mm par jour au début de l'immersion.

Le 10 Août, une petite pluie donne une légère remontée du niveau de la mare ; pas d'écoulement.

### 3) Pendant et après la crue des 12 et 13 Août 1960 :

Nous avons déjà signalé que la plus forte crue de l'année avait été provoquée par une pluie homogène sur une très grande surface ayant donné 62 mm à LEHBILE.

Les très forts débits atteints dans la brèche ont eu pour effet d'élargir celle-ci de 15 m (voir graphique 8). L'élargissement s'est d'ailleurs produit bien avant que le maximum ne soit atteint, entre 21 h.30 et 22 heures.

Il a donc fallu procéder à un second tarage de la brèche. Pour les faibles débits, nous avons procédé aux flotteurs comme précédemment. L'évaluation du maximum a été faite

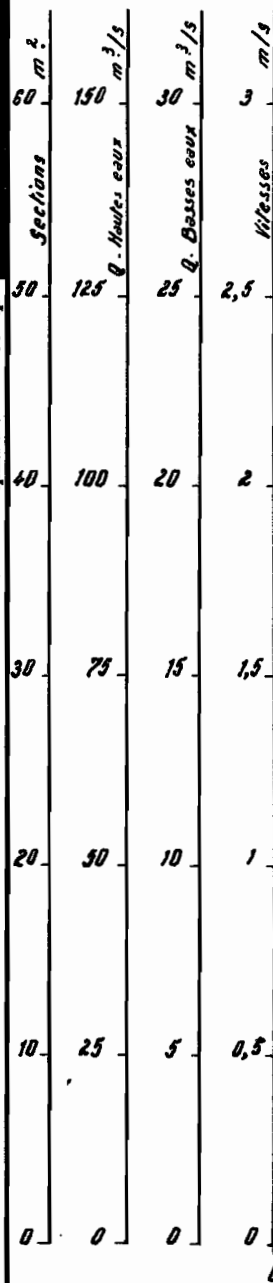
en déterminant séparément la section et la vitesse, cette dernière par la mesure du remou produit au passage de la digue. La dénivelée, prise entre deux points en eau calme de part et d'autre de la digue, était de 44 cm, ce qui correspond en l'absence de pertes de charge à une vitesse de 2,95 m/s. On peut considérer que les pertes de charge dans la brèche, ouvrage très court, sont négligeables. On a obtenu ainsi la courbe d'étalonnage du graphique 11. Cet étalonnage n'est sans doute pas aussi bon que celui qu'on aurait pu obtenir avec une série de jaugeages correctement effectués, mais les mesures directes à cet endroit étaient rigoureusement impossibles, surtout de nuit, avec le matériel dont nous disposions.

On a pu ainsi, grâce aux deux courbes, faire la transformation hauteurs-débits, avant et après l'élargissement de la brèche. On a obtenu l'hydrogramme tracé sur le graphique 12.

Le débit maximal, estimé à  $170 \text{ m}^3/\text{s}$ , s'est produit approximativement à minuit, soit environ 4 h.30 après le centre de gravité de la pluie, temps comparable à celui qui avait été trouvé pour la pluie du 24 Juillet; mais cette fois l'hydrogramme est unique, les écoulements des différentes composantes du bassin étant intégralement fondus. On peut donc considérer l'hydrogramme obtenu comme étant typique du bassin de LEHBILLE pour les fortes averses. La durée totale du ruissellement pur est d'environ 7 heures. L'hydrogramme peut-être ramené à une forme triangulaire dont le temps de base serait d'environ 9 heures.

# ÉTALONNAGE DE LA BRÈCHE DE LEHBILÉ APRÈS MODIFICATION DUE A LA CRUE DU 12 AOÛT

Gr. 11



MAU 10, 089

ED:

LE: M. C. MONTAUDO

DES: J. P. MONTAUDO

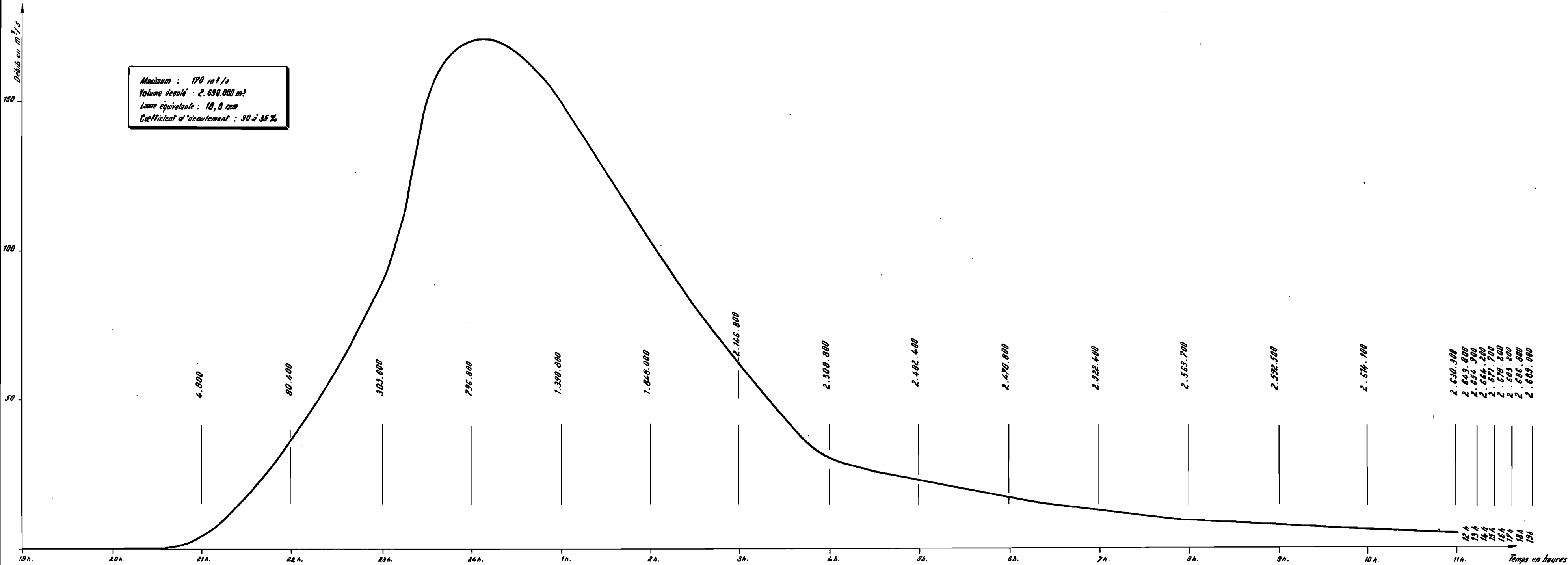
VISA:

TUBE N°:

A1

ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

LEHBILÉ - Crue du 12-13 Aout (Débits dans la brèche)



Le volume total écoulé est de 2 690 000 m<sup>3</sup>. On a des raisons d'estimer que la pluie a été très homogène (voir chapitre précédent paragraphe B), ce qui conduit à un coefficient d'écoulement de 30 à 35 %, le coefficient de ruissellement pur n'étant guère inférieur à 30 %.

Au cours de la période suivante (jusqu'au 19 Août), une petite pluie de 4 mm le 15 Août n'a aucune influence sur le niveau de la mare et l'évapo-infiltration est de 20 mm/jour.

Crue du 19 Août :

C'est la dernière de la campagne. Elle a été provoquée par une pluie ayant donné 21 mm au pluviographe de LEHBILE. Ruissellement local très faible, sans doute à cause du développement de la végétation.

La crue est très étalée, le maximum n'ayant lieu qu'à midi, alors que la pluie a débuté vers 1 heure. Il s'agit donc d'un tout autre type d'hydrogramme, la présence du tapis végétal abondant, transformant complètement les caractéristiques hydrauliques du bassin. Ce type, étant moins dangereux que le premier, ne retiendra pas notre attention. Le maximum, de 11 m<sup>3</sup>/s, correspond au ruissellement du plateau de KITAN, où la pluie, d'après des témoins, a été beaucoup plus abondante qu'à LEHBILE même.

Le volume écoulé par cette crue est de 315 000 m<sup>3</sup>.

Ensuite, l'assèchement de la mare se poursuit à une vitesse de 19 mm/jour.



4) Bilan annuel :

Volumes écoulés :

16 Juillet	107 000 m <sup>3</sup>
24 Juillet	216 000
2 Août	91 000
12 Août	2 690 000
19 Août	315 000

---

Total .... 3 419 000 m<sup>3</sup>

Volume précipité estimé à 30 000 000 m<sup>3</sup>

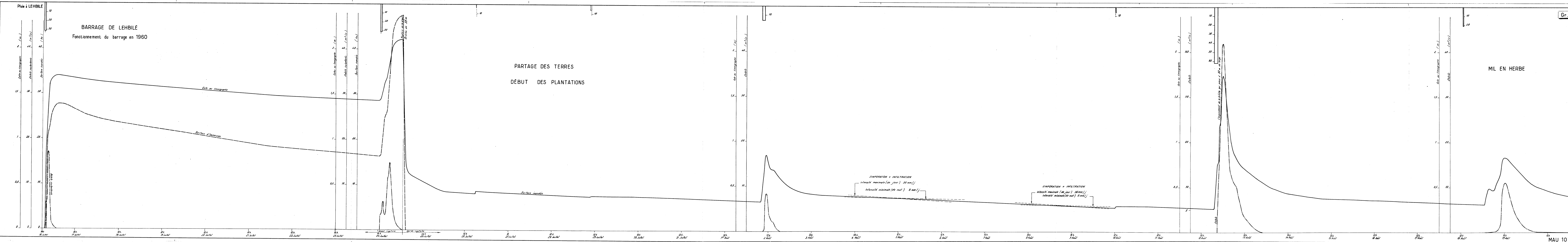
D'où un coefficient d'écoulement annuel de l'ordre de 9 %.

L'ensemble des observations effectuées sur le bassin de LEHBILE est résumé par les différentes courbes du graphique 13.

B - OBSERVATIONS sur le GRAND GRAIR -

Le barrage du GRAND GRAIR (ou AHEL DJIGOU) est situé immédiatement à l'aval de LEHBILE. Le bassin intermédiaire est de 16 km<sup>2</sup>, soit un bassin total de 159 km<sup>2</sup>. Les courbes de remplissage et d'immersion de la cuvette sont tracées sur le graphique 14 en fonction des cotes du plan G.R.

Le zéro de l'échelle, installée dans la retenue à une certaine distance de l'ouvrage de décharge, correspondait à la cote 9,87 m du plan G.R. La largeur de l'ouvrage de décharge est de 2,50 m. Le batardeau, composé d'une double rangée de madriers, constitue un déversoir à seuil épais (32 cm) ; au début de la campagne, la cote du seuil était de 109,5 cm (rapportée à l'échelle), correspondant à une hauteur de pelle de 90 cm.



MAU 10.092

ED:

LE: 17-10-1964

DES: 17-10-1964

VISA:

TUBE N°:

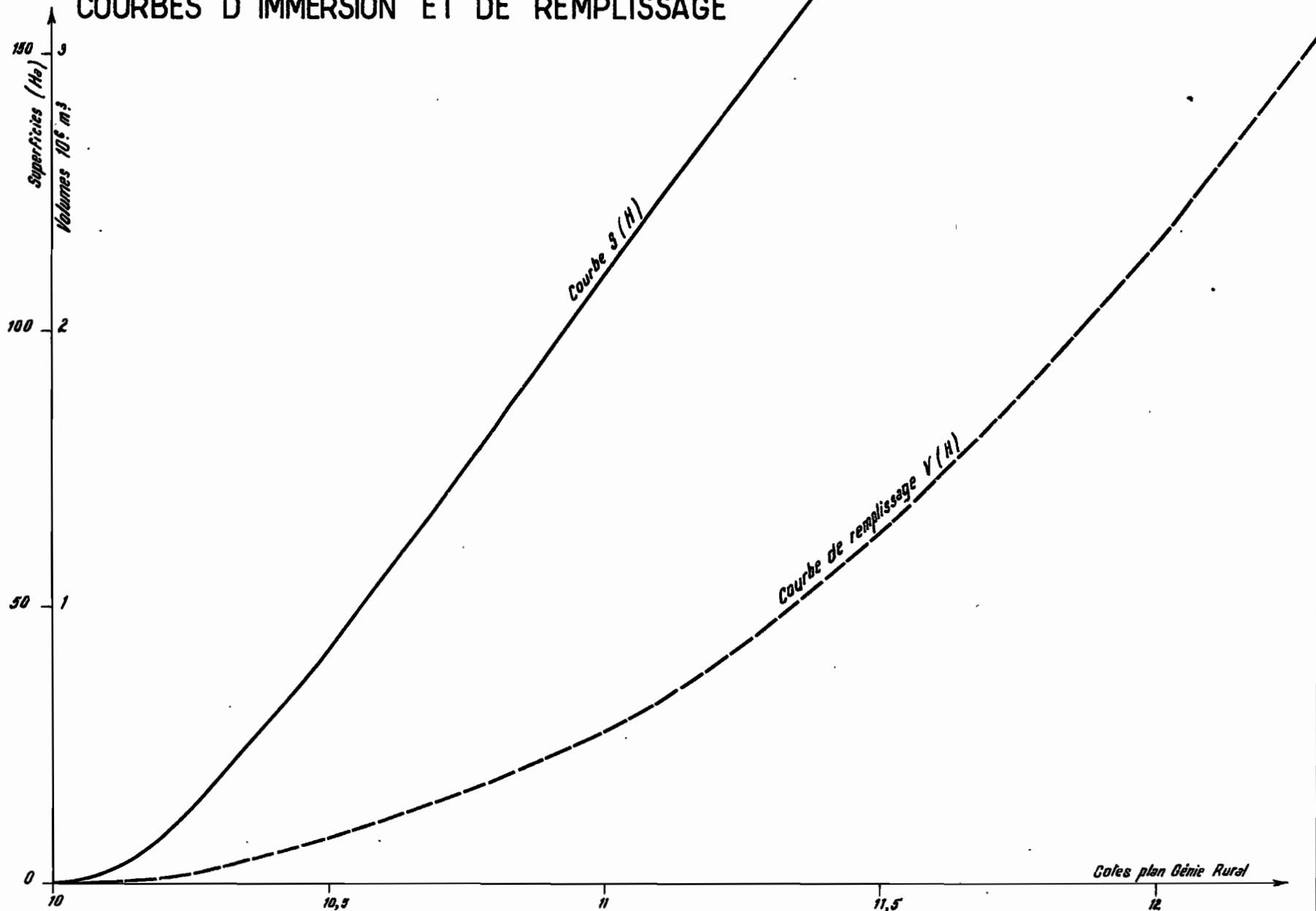
A1

ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

# BARRAGE DE GRAND GRAÏR

Gr.14

## COURBES D'IMMERSION ET DE REMPLISSAGE



Crue du 16 Juillet 1960 :

La cote maximale atteinte a été de 0,83 m, soit 10,70 m dans le système G.R. Elle correspond à un remplissage de 300 000 m<sup>3</sup>. Si l'on admettait que la pluie moyenne sur le bassin intermédiaire a été la même qu'à LEHBILE, le coefficient d'écoulement aurait été d'environ 60 %. Cette valeur nous paraît exagérée et confirme l'impression que nous avons d'une pluie plus forte sur le bassin intermédiaire du GRAIR. Quoiqu'il en soit, le coefficient n'a pas pu être inférieur à 40 % et probablement de l'ordre de 50 %, pour un bassin, rappelons-le, de 16 km<sup>2</sup>.

Après cette crue, la retenue a été presque complètement vidée par les cultivateurs pour permettre la réparation d'un pan de digue à l'endroit de la brèche ouverte en 1959 et, à dire vrai, assez mal réparée. D'une façon générale, la digue est du reste en très mauvais état. Partout des ravine-ments, des amorces de renards et des terriers d'animaux fouis-seurs.

Crue du 24 Juillet 1960 :

La pluie du 24 Juillet n'a fourni que relativement peu d'eau au bassin du GRAIR. On a relevé la cote de 054 cm, soit 10,41 m, plan G.R., d'où un volume écoulé de 110 000 m<sup>3</sup>. Cela correspondrait à un coefficient d'écoulement d'environ 25 %, mais il est possible que le maximum n'ait pas été atteint au moment où la cote a été relevée. En effet, la vidange de LEHBILE, après rupture de la digue, a porté la cote du GRAND GRAIR à 104 cm, soit 10,91 m, plan G.R., ce qui correspond à un remplissage de 460 000 m<sup>3</sup>. Or, on sait que la même crue a apporté 216 000 m<sup>3</sup> dans la retenue de LEHBILE ; il en résulte que les apports du GRAIR seraient plutôt de 230 000 m<sup>3</sup> environ

et on retrouverait les 50 % d'écoulement estimés pour la crue précédente.

Crue du 2 Août 1960 :

La cote précédente (104 cm) ne s'est pas maintenue. Outre l'évaporation et l'infiltration, on observait des fuites non négligeables au batardeau. La crue du 2 Août a eu pour effet de rétablir la cote 104 ; malheureusement, la cote n'a pas été relevée avant cette crue et il est impossible d'évaluer les apports correspondants.

Le 3 Août, le batardeau semblait à peu près colmaté. Du 3 Août à 16 heures (99 cm) au 10 Août à 8 h.30 (92 cm), la perte par infiltration a été de 70 mm, soit environ 11,5 mm/j, bien inférieure à celle de LEHBILE. L'évaporation est probablement un peu plus faible qu'à LEHBILE (retenue plus grande) et surtout le sol plus tassé offre une résistance beaucoup plus grande à l'infiltration. Il semble que dans les années antérieures, les cultivateurs aient abusé des durées d'immersion, ce qui a eu pour effet de durcir la terre. Les gens de LEHBILE, dont la digue non protégée casse souvent à la première crue, n'ont pas eu la même tentation.

Le batardeau, qui n'a pas encore déversé, comporte alors 6 éléments, et la cote du seuil est à 11,18 m (plan G.R.); la hauteur de pelle est d'environ 1,10 m.

Crue du 12-13 Août :

Une série d'observations a été faite après cette crue. On trouvera le détail sur le tableau VIII qui résume les relevés effectués au GRAND GRAIR. Nous pensions ainsi déterminer les

TABLEAU VIIILECTURES d'ECHELLES au GRAND GRAIR

(zéro à 9,87 m plan G.R)

Date	Heure	Cote observée cm	Cote G.R. m	Volume retenu 1000 m <sup>3</sup>	Surface inondée Ha	
16/7	cote max.	083	10,70	300	60	
	Vidange de la retenue par les cultivateurs pour réfection d'une partie de la digue.					
24/2	cote max.	054	10,41	101	32	
	Cette cote est propre au bassin intermédiaire du G.G. et il est probable que le maximum n'était pas tout à fait atteint lorsque le relevé a eu lieu. Après la rupture du barrage de LEHBILE, on a eu :					
25/7	cote max.	104	10,91	460	98	
2/8	cote max.	104	10,91	460	98	après pluie
3/8	16 h.	99	10,86	420	92	
6/8	9 h.30	97	10,84	400	88	
10/8	8 h.30	92	10,79	370	81	
10/8	17 h.	92	10,79	370	81	après pluie
12/8	17 h.	90	10,77	350	78	
13/8	8 h.34	165,5	11,525	1300	179	après rupture (max 196)
	8 h.53	162	11,49	1240	174	
	9 h.12	159	11,46	1190	170	
	10 h.25	148	11,35	1000	156	
	13 h.20	124	11,11	680	124	
	15 h.40	108	10,95	500	103	
	19 h.10	092	10,79	370	81	
14/8	16 h.20	046	10,33	70	22	plus d'écoulement dans la brèche

les débits passant dans la brèche et remonter dans le temps de façon à évaluer les apports propres au GRAND GRAIR. En effet, les débits évacués par l'ouvrage de décharge sont faibles ( $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  à la cote maximale observée). Mais si les apports dus à LEHBILE sont connus, l'étalement considérable qu'ils subissent avant leur entrée dans la retenue du GRAIR et le freinage qui en résulte pour la propagation de la crue ne sont pas connus, et leur influence est essentielle. On sait seulement que la pointe de crue met plusieurs heures à se propager. Il aurait fallu un limnigraphe au GRAND GRAIR pour tenter une évaluation.

La cote maximale atteinte au moment de la rupture est de 11,83 m (plan G.R.). On n'a pas pu déterminer l'heure exacte à laquelle elle s'est produite (probablement entre 2 et 3 heures du matin). Cette rupture a eu lieu au même endroit que l'an dernier, à cet emplacement qui donnait déjà des inquiétudes lors de la crue du 16 Juillet.

La cote maximale correspond à un remplissage de  $1\,900\,000 \text{ m}^3$ . Avant la crue le remplissage était de  $350\,000 \text{ m}^3$ . Les apports dus à la crue du 13 Août auraient donc été de  $1\,550\,000 \text{ m}^3$  avant la rupture du barrage, alors que le volume total apporté par la crue à LEHBILE a été de  $2\,690\,000 \text{ m}^3$ .

On peut estimer que le volume total transmis à l'aval par la rupture de la digue du GRAND GRAIR a été supérieur à  $3\,500\,000 \text{ m}^3$ , avec un débit de pointe de plus de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Notons que la rupture s'est produite avant que le déversoir situé en rive droite n'ait commencé à fonctionner.

C - OBSERVATIONS sur le PETIT OUED de LEHBILE -

Nous appelons ainsi un petit oued situé à proximité du campement, entre ce dernier et le barrage. Son bassin versant, à l'endroit où nous avons effectué les mesures est de 0,5 km<sup>2</sup>.

Une échelle avait été installée, mais elle a été emportée par la première crue. Par la suite, les cotes étaient repérées par des piquets plantés dans le sol à une heure connue, et nivellés après la crue.

L'étalonnage a été fait à gué, au moyen d'un micro-moulinet OTT. On trouvera sur le graphique 15 le profil en travers de la section de mesures et la courbe de tarage. Les cotes sont données en profondeur par rapport à un piquet coté zéro et correspondant au maximum observé.

Crue du 16 Juillet :

Débit maximal : 3,2 m<sup>3</sup>/s, soit 6.400 l/s.km<sup>2</sup>  
Volume écoulé : 6 100 m<sup>3</sup>,

Si l'on suppose que la pluie a été homogène sur le bassin (31 mm), le coefficient d'écoulement, pratiquement égal au coefficient de ruissellement, est de : 40 %.

Crue du 24 Juillet :

Débit maximal : 3,2 m<sup>3</sup>/s, soit 6.400 l/s.km<sup>2</sup>  
Volume écoulé : 5 900 m<sup>3</sup>  
Coefficient de ruissellement : 38 %.

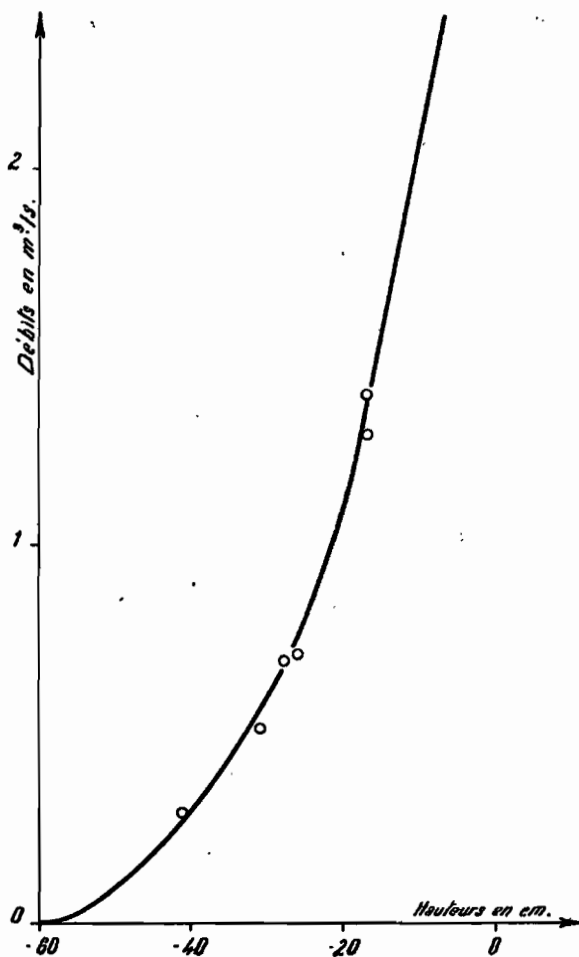
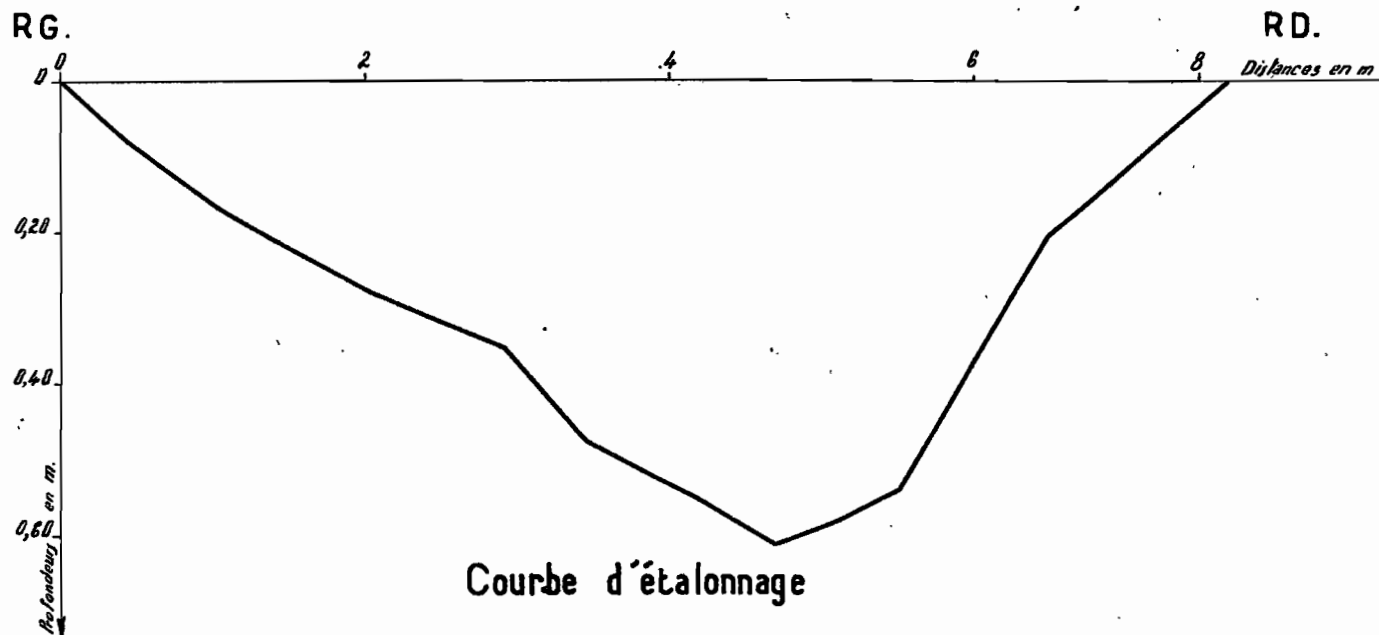
Le temps de réponse du bassin (lag) est de l'ordre de 30 minutes.



# PETIT OUED DE LEHBILÉ

Gr. 15

## Profil en travers



MAU 10. 093

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE . SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: XXII - XI - ME PLAK

DES: J. P. Houbert

VISA:

TUBE N°:

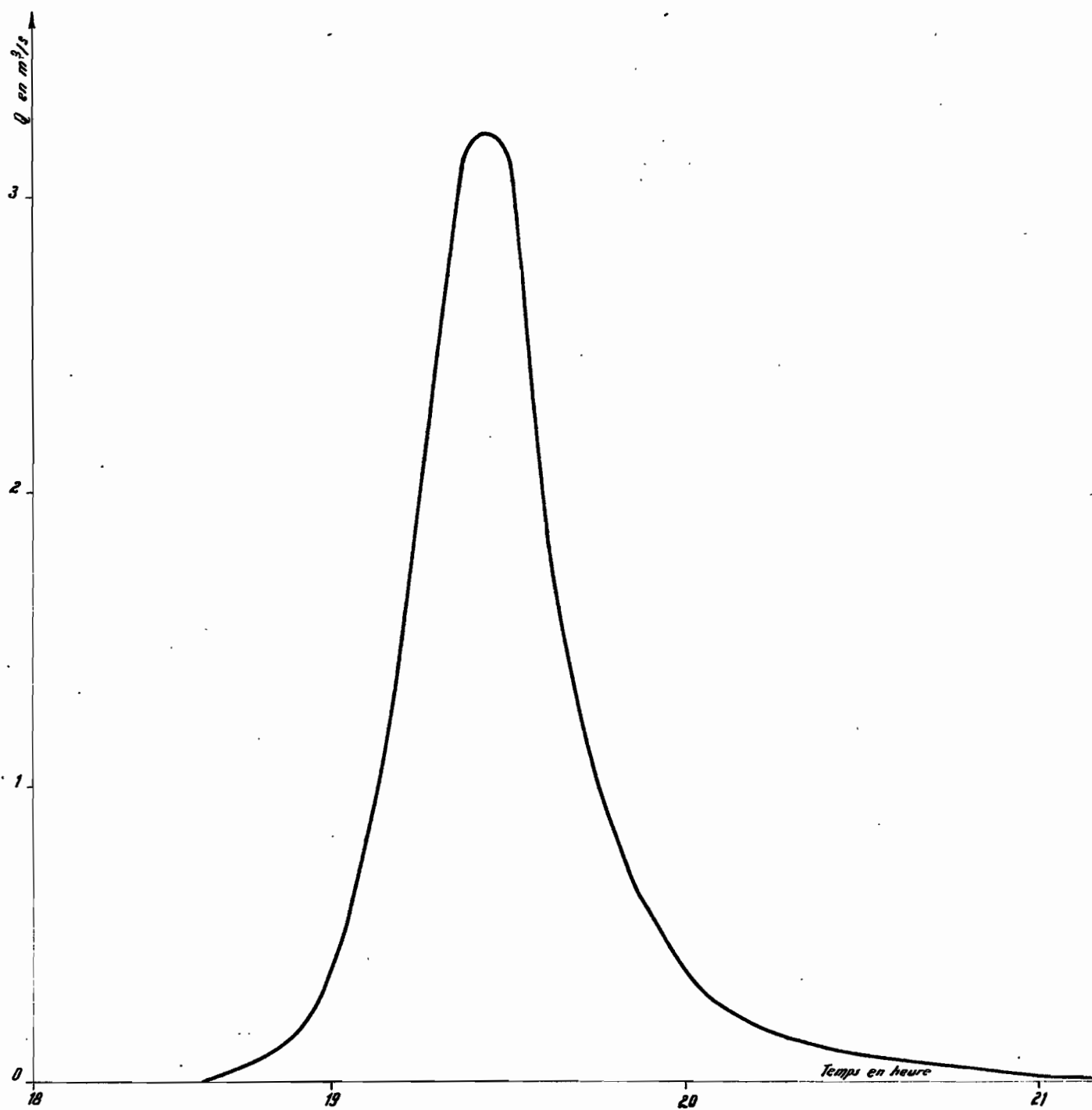
A 0

La grande pluie du 12 Août a donné lieu, sur le petit oued de LEHBILE, à un maximum du même ordre que les deux averses précédentes ; mais, évidemment, la durée de la crue, non observée, a été beaucoup plus longue. Cela tient à ce que le palier de la courbe en S était déjà atteint lors de la crue du 24 Juillet et une averse plus longue, mais ayant sensiblement la même intensité, ne devait pas produire un maximum supérieur.

Les hydrogrammes des deux crues citées sont présentés sur les graphiques 16 et 17.

## PETIT OUED DE LEHBILÉ

Crue du 16 Juillet



MAU. 10. 094

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: U. J. NEMEX

DES: J. P. HecM: g

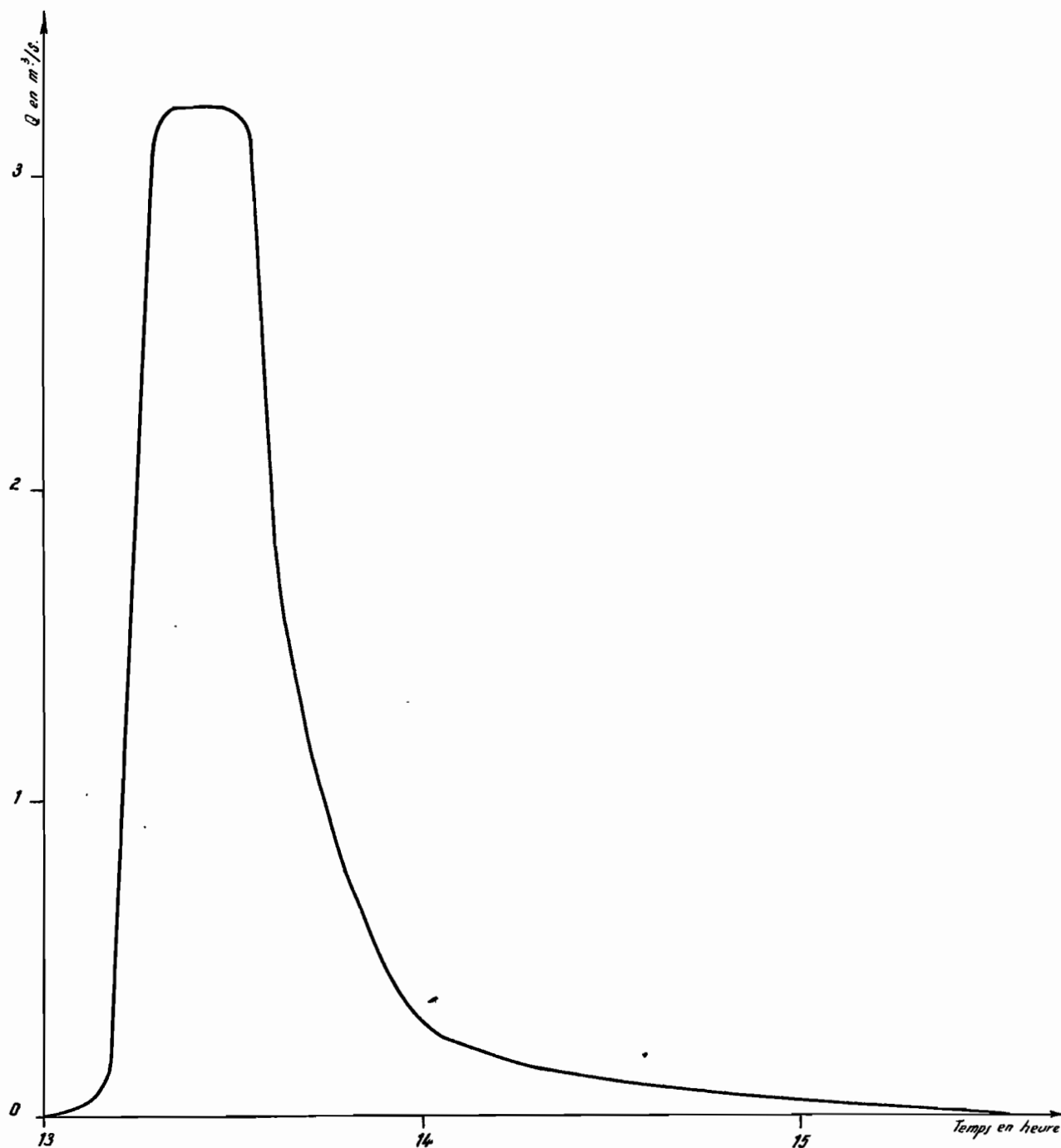
VISA:

TUBE N°:

A 0

## PETIT OUED DE LEHBILÉ

Crue du 24 Juillet



MAU 10 095

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: M. M. M. M. M.

DES: J. P. H. M. M.

VISA:

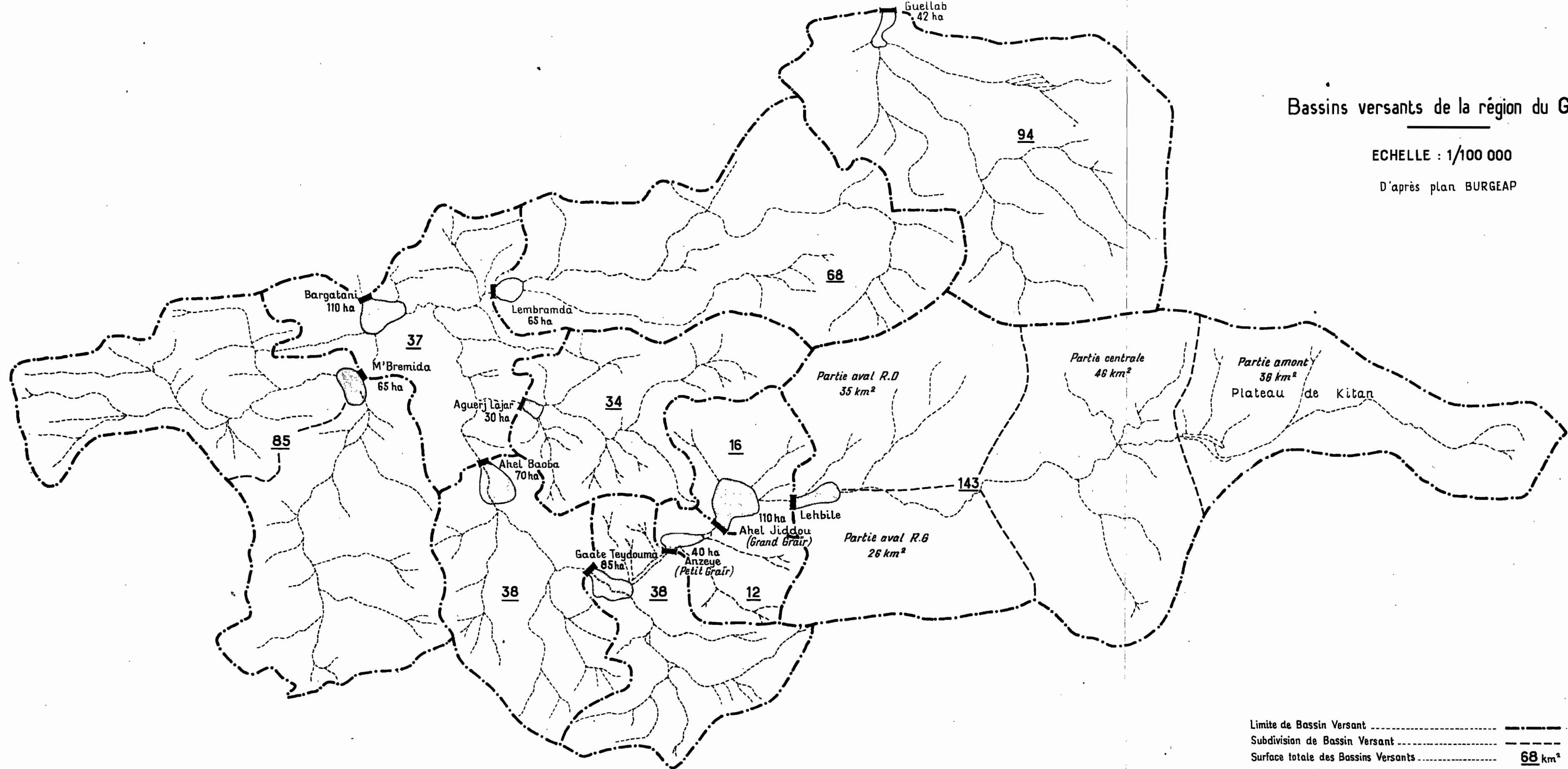
TUBE N°:

A 0

Bassins versants de la région du GRAÏR

ECHELLE : 1/100 000

D'après plan BURGEAP



Limite de Bassin Versant	-----
Subdivision de Bassin Versant	-----
Surface totale des Bassins Versants	68 km²
Surface partielle	12,5 km²
Surface inondable	40 ha

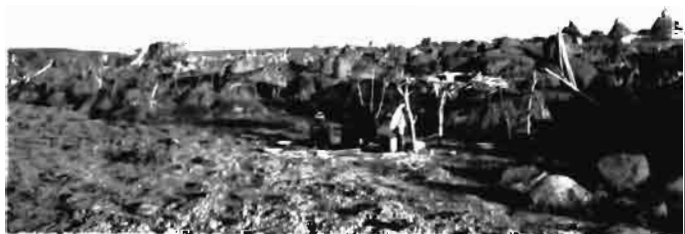
BARRAGE de LEHBILE



Limnigraphe



Erosion de la crête par les vagues



"Abri de jardin"



Désherbage  
(Au fond, les greniers et le silo)

## CHAPITRE V

### AUTRES OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES

#### A - BRANCHE SUD du SYSTEME de TAMCHAKETT -

##### 1) Site de GUELAB (Station dite du point E) :

Le limnigraphe, installé sur le grand oued, à l'aval de son confluent avec l'exutoire du barrage, contrôlait un bassin de 420 km<sup>2</sup>. Le bassin d'alimentation de la cuvette du barrage a une superficie de 94 km<sup>2</sup>.

Les pluies antérieures au 12 Août n'ont provoqué aucun écoulement.

La pluie du 12 Août (52,5 mm à GUELAB) a donné lieu à une crue dont le limnigramme est tracé sur le graphique 18. La première pointe, qui s'est produite 1 heure après le centre de gravité de la pluie, se rapporte à un ruissellement local. La seconde pointe, 4 h.30 après la pluie, correspond sans doute au déversement du barrage de GUELAB, rempli par cette crue. Arrivent ensuite les apports du moyen et du haut-bassin, crue très étalée dont le maximum se produit 12 heures environ après la pluie.

La cote maximale atteinte : 26 cm au limnigraphe, 47 cm à l'échelle, est faible. Il n'a pas été possible de faire des mesures de débit, car nous étions à LEHBILE à ce moment et la piste était coupée, mais d'après les mesures effectuées dans le lit de la rivière, peu propice par.

MAU 10 096

ED:

LE:

DES:

VISA:

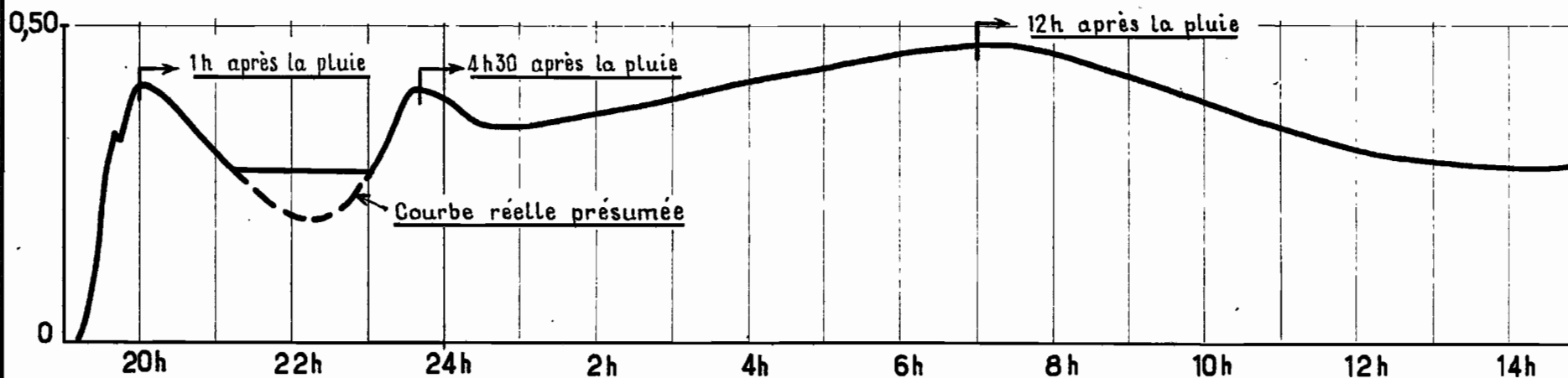
TUBE N°:

A O

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

# STATION DE GUELAB (point E)

Crue du 12-13 août - Limnigramme rapporté à l'échelle



Gr-18



ailleurs à l'application de formules d'écoulement, le débit maximal n'a pas pu dépasser 20 m<sup>3</sup>/s. Les paliers que l'on voit sur le limnigramme correspondent au niveau de la poche d'eau située au pied du limnigraphe, d'ailleurs assez mal placé. Ce niveau est nettement supérieur au point le plus bas du lit de l'oued.

La crue de l'oued principal est donc très laminée par le remplissage des tamourts et autres cavités, complètement à sec avant l'averse. Ceci nous rappelle la première pluie sérieuse observée à AOUE, dans l'ENNEDI, en 1958. Il est certain que le maximum eut été beaucoup plus fort s'il n'y avait pas eu le barrage qui soustrait à la station la crue du principal affluent situé dans la partie la plus aval du bassin.

A notre arrivée, le 16 Août, on observait encore un faible débit dans l'oued principal. Quant à l'oued venant du barrage, il débitait environ 100 l/s provenant de l'évacuation du barrage.

Un levé a posteriori a montré que le niveau maximal dans le barrage a atteint 53 cm au-dessus du seuil de l'évacuateur et 51 cm au-dessus du batardeau du déchargeur, tel qu'il avait été installé par les cultivateurs au début de la campagne. L'évacuateur était équipé de deux hausses d'une hauteur totale de 43 cm ; la lame d'eau maximale déversante n'a donc pas dépassé 10 cm à l'évacuateur. Tout ceci ne représente guère plus de 1 m<sup>3</sup>/s. Ajoutons que le sommet du batardeau est à 1,43 m sous le sommet du bajoyer rive droite.

D'après les recherches effectuées dans la correspondance du Génie Rural, il semble que le sommet du bajoyer soit calé à la cote 10 m du plan G.R. n° 125. Les caractéristiques de l'ouvrage décrites dans les lettres correspondent

approximativement avec celles que nous avons relevées (à 5 cm près). Le maximum 1960 aurait ainsi atteint la cote 9,08 m, soit un volume emmagasiné de 600 000 m<sup>3</sup> d'après la courbe de remplissage tracée sur le graphique 19.

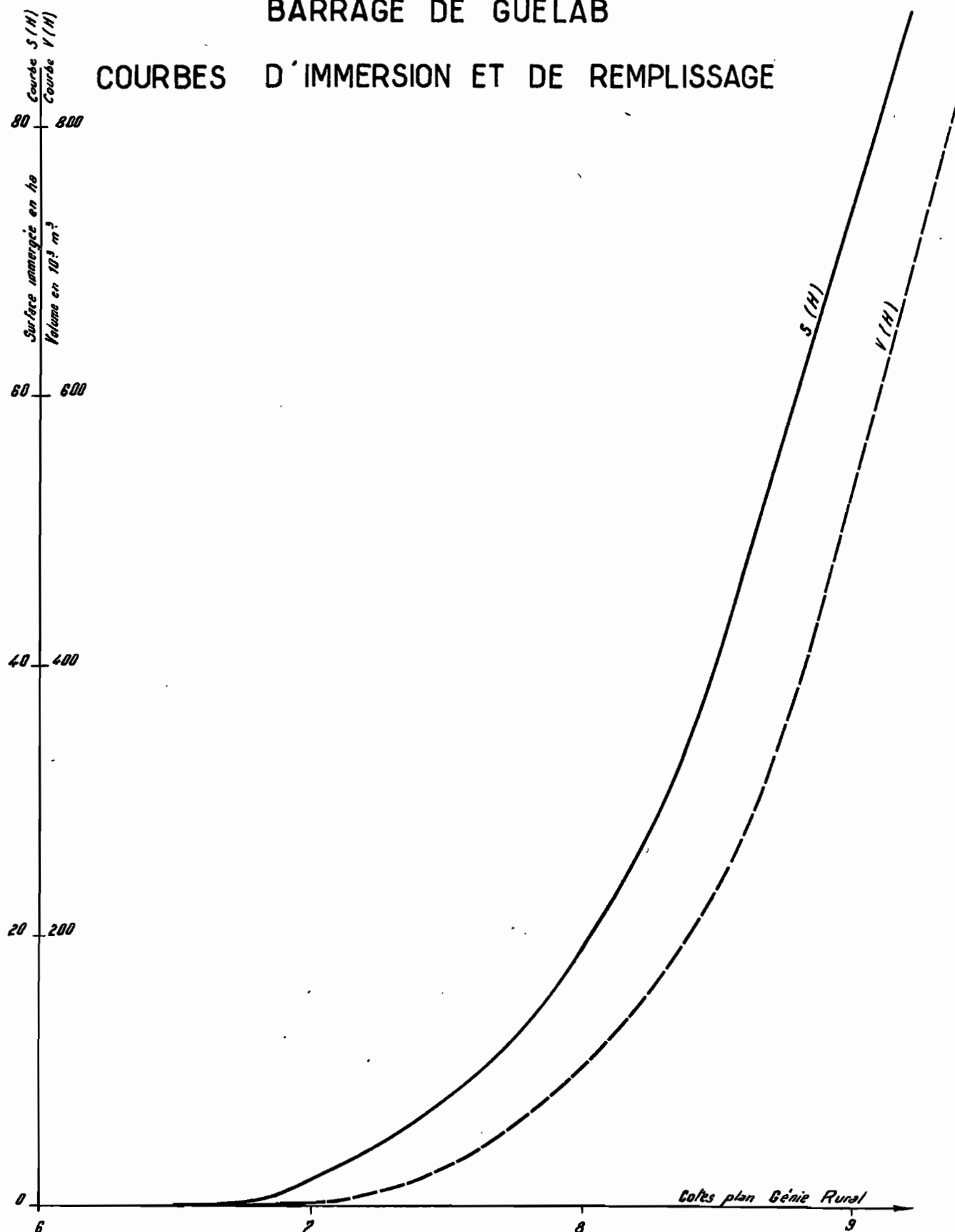
Ce chiffre est sans doute un minimum, car il faut tenir compte des débits évacués. On peut toutefois estimer que ceux-ci n'ont pas dépassé 100 000 m<sup>3</sup>, ce qui porterait le volume apporté par la crue du 12 - 13 Août à 700 000 m<sup>3</sup>. Il s'agit là, évidemment, d'une ordre de grandeur. Quoiqu'il en soit, on est loin des coefficients d'écoulement trouvés pour la même crue à LEHBILE : 15 % contre 35 % environ. Il est vrai que le bassin de GUELAB n'avait pas connu de pluie importante avant cette averse, alors que le bassin de LEHBILE avait été assez bien arrosé à plusieurs reprises. Cette raison ne suffit pourtant pas à expliquer l'écart et il est probable que le "rendement hydrologique" du bassin de GUELAB et, partant, de l'Oued BOUDIENGAR, est inférieur à celui de la vallée de LEHBILE-BARGATANI.

Une deuxième crue plus faible que la précédente a été enregistrée après la pluie du 19 Août (13 mm). Là encore, le maximum se produit plus de 12 heures après la pluie. Ce sont là les seuls écoulements de l'année.

La station du point D (MARFAG) ne peut être étalonnée par des formules d'écoulement : profil en long trop irrégulier. D'autre part, il n'y a eu qu'une seule crue présentant quelque importance : celle du 12-13 Août ; nous étions alors à LEHBILE et nous n'avons pas pu faire de mesures au point D. De plus, la cote maximale atteinte est très incertaine : mauvais délaisés, pas de traces visibles sur l'échelle dont la chaux a été à peu près complètement lavée par la pluie.

## BARRAGE DE GUELAB

## COURBES D'IMMERSION ET DE REMPLISSAGE



MAU 10.097

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE &amp; ÉTRANGER

ED:

LE: 11-10-1964

DES: J.-P. Boudier

VISA:

TUBE N°:

A1

2) Station du point C (Oued BOUDIENGAR) :

Le zéro du limnigraphe correspondait à la cote - 14 cm de l'échelle peinte sur la gaine. Le bassin contrôlé a une superficie de 930 km<sup>2</sup>.

Le lit de l'oued est assez régulier ; le profil en long du fond présente une régularité acceptable. Il est possible d'appliquer la formule de MANNING :

$$U = K R^{2/3} \sqrt{i}$$

U désigne la vitesse moyenne dans la section (m/s).

Le coefficient K peut être pris égal à 35 (fond sableux, régulier), estimé d'après des mesures effectuées dans l'ENNEDI pour des pentes et un aspect du lit comparable.

R : Rayon hydraulique assimilé à la profondeur moyenne (m).

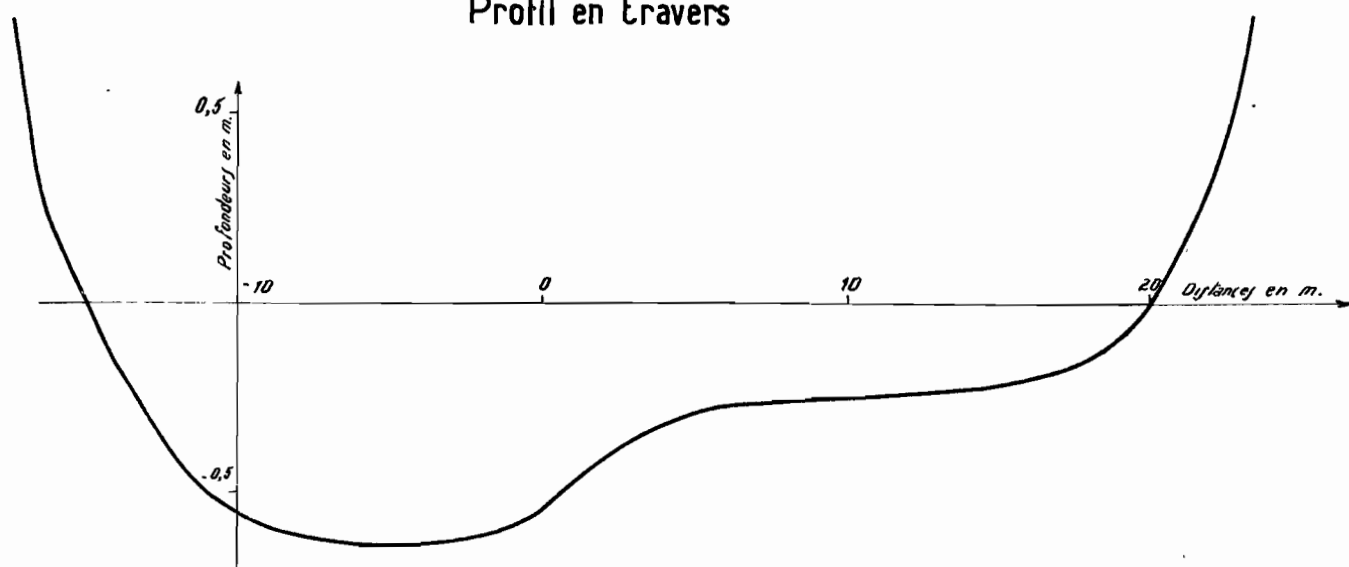
i : pente. Egale ici à 0,0014.

Le profil en travers est donné sur le graphique 20 ainsi que la courbe de tarage résultant des calculs.

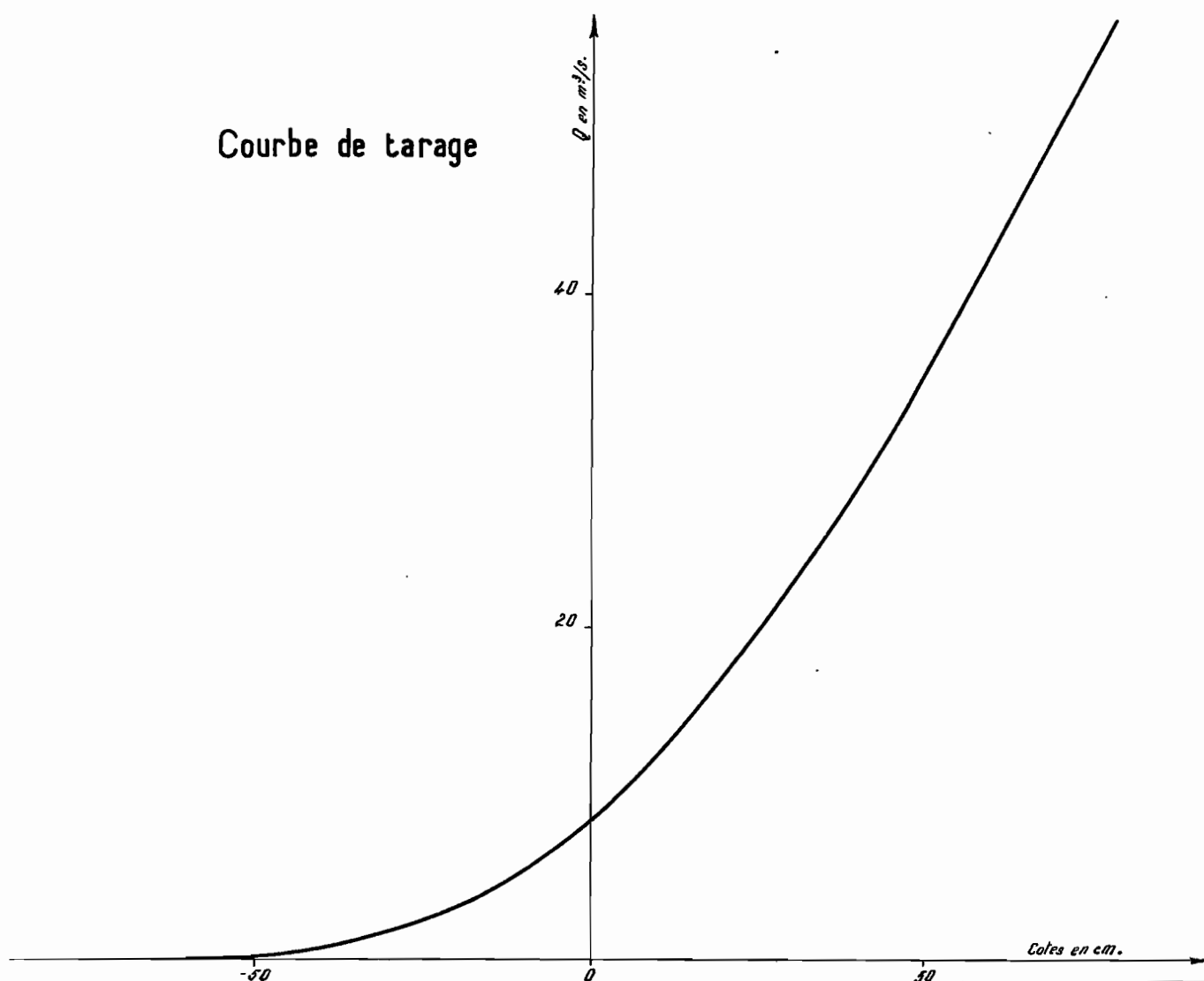
Le premier écoulement a été observé à cette station lors de la crue du 12 - 13 Août. L'hydrogramme correspondant est tracé sur le graphique 21. Le maximum a atteint environ 60 m<sup>3</sup>/s (62 sur le graphique) et s'est produit 5 heures après la pluie ; il s'agit sans doute du ruissellement du bassin moyen. Un second maximum, 11 heures après la pluie, donne un débit inférieur : environ de 40 m<sup>3</sup>/s.

## SECTION AU POINT C (O. BOUNDIENGAR)

Profil en travers



Courbe de tarage



MAU 10. 098

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE . SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: XXII-VI-MCMXX

DES: J P. Gaudin

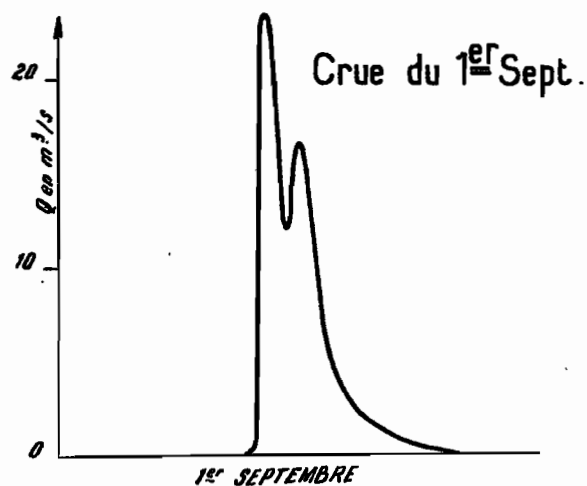
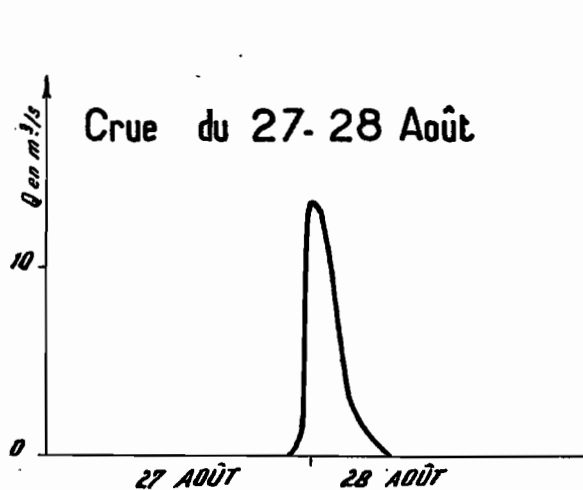
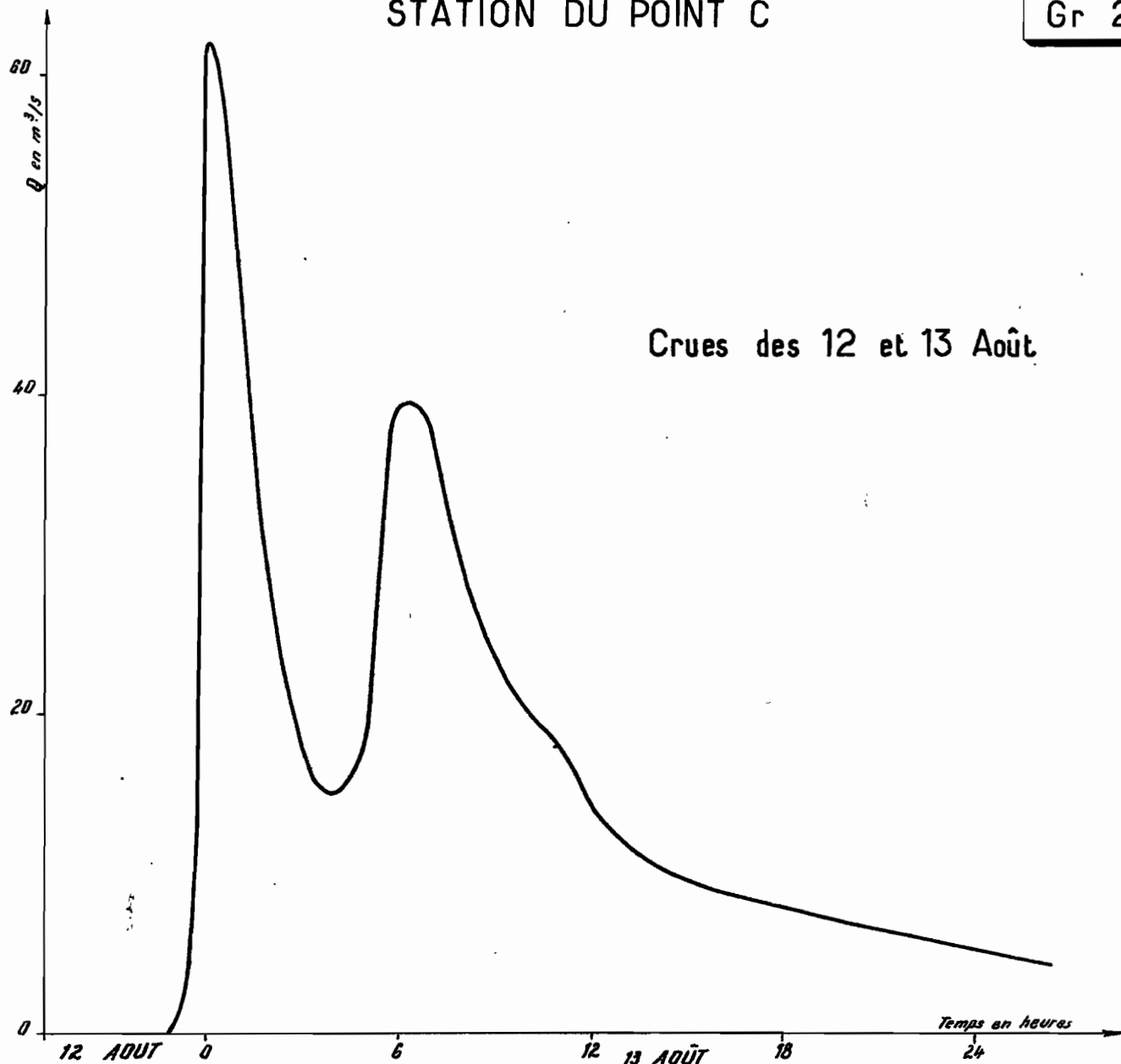
VISA:

TUBE N°:

A 0

# STATION DU POINT C

Gr 21



MAU 10 099

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: 11-10-1964

DES: J-P. BOUTIN

VISA:

TUBE N°:

A 0

Le volume écoulé pendant cette crue peut être estimée à 2 000 000 m<sup>3</sup>. Si l'on évalue à 40 - 50 mm la hauteur moyenne de l'averse sur le bassin, le coefficient d'écoulement aurait été de l'ordre de 5 %.

Deux autres crues, très faibles, ont encore eu lieu :

- le 27 - 28 Août, après une averse qui a donné 18,5 mm à TAMCHAKETT et rien à GUELAB. Il s'agit d'un écoulement purement local d'environ 60 000 m<sup>3</sup> avec un maximum de 14 m<sup>3</sup>/s.
- le 1er Septembre, après une averse ayant donné 11 mm à GUELAB. Maximum 22 m<sup>3</sup>/s, pour un volume écoulé d'environ 150 000 m<sup>3</sup>.

On trouvera les hydrogrammes correspondant sur le graphique 21.

Il est curieux de constater que les averses du 8 Septembre qui ont donné 26 mm à TAMCHAKETT, entre 9 et 10 heures, et 23 mm à GUELAB aux environs de 11 h.30, n'ont provoqué aucun écoulement du grand oued. Il est vraisemblable qu'il s'agit de grains isolés à très faible rayon d'action : la concordance des heures s'explique par leur position sur une même ligne de grains (le pluviographe de TAMCHAKETT retardait de deux heures ; la pluie s'est produite vers midi, comme nous l'avons noté sur notre carnet de route), la concordance des hauteurs est purement fortuite.

Pour l'ensemble de la saison des pluies, le volume écoulé au point C a donc dû être d'environ 2 200 000 m<sup>3</sup>.

La station du point A (960 km<sup>2</sup>) était équipée d'une échelle peinte à la chaux. De même qu'à MARFAG, le profil

en long est très irrégulier et il n'est pas possible d'évaluer les débits en l'absence de mesures directes. Il semble cependant que l'étalement des faibles crues, telles que celles qui ont été observées en 1960, soit important, entre le point C et le point A, malgré la faible distance. Il existe en effet des zones où la dégradation du lit est assez avancée : le passage de la piste actuelle de TAMCHAKETT en donne une idée.

B - BARRAGES du CENTRE de l'AFOLLE (Voir carte III) -

Nous donnons dans ce paragraphe les observations effectuées sur les barrages après la période des pluies.

- 1) GAAT TEYDOUMA (Bassin propre de 38 km<sup>2</sup> ; 50 km<sup>2</sup> avec ANZEYE.  
Bassin total : 209 km<sup>2</sup>)

Le premier remplissage a eu lieu, comme pour LEHBILE, lors de la crue du 16 Juillet. La passe droite du déchargeur était fermée ; dans la passe gauche, le batardeau était composé de 3 hauteurs de madrier, constituant un déversoir dont le seuil était à 117 cm sous le sommet du bajoyer droit de la passe gauche et à 82 cm sous le seuil de l'évacuateur.

Autres caractéristiques de la passe ouverte :

- largeur : 2,46 m
- épaisseur du seuil : 0,30 m
- hauteur de pelle : 0,70 m

Le niveau maximal atteint était à 22 cm sous le seuil de l'évacuateur, soit une lame d'eau de 60 cm sur le sommet du batardeau de la passe ouverte (débit correspondant : 800 l/s). L'écoulement dans cette passe s'est prolongé pendant 20 jours, période durant laquelle le barrage a reçu la crue du 24 Juillet (celle qui a causé la rupture de LEHBILE).



Le 5 Août, la passe gauche a été fermée, la cote de l'eau était alors à 43 cm sous le seuil de l'évacuateur, soit une charge de 39 cm sur le seuil du batardeau avant fermeture (débit correspondant : 400 l/s). Cette cote s'est à peu près maintenue jusqu'à la crue du 12 Août qui a provoqué la rupture de la digue : il faut noter que cette rupture s'est produite avant celle du GRAND GRAT, donc sous l'influence des apports provenant du seul bassin intermédiaire de GAAT-TEYDOUMA et peut-être de la rupture d'ANZEYE, dont l'heure n'est pas connue.

En 1959, la digue n'avait pas été détruite malgré une charge de 0,75 m sur le déversoir (cote pour laquelle l'ouvrage commence juste à déborder sur la rive gauche). Cette cote a été repérée de façon assez précise d'après les cordons de pierres installés par les cultivateurs dans la zone où le débordement risquait de se produire.

Le débit passait alors sur la totalité de l'ouvrage en béton, évacuateur et déchargeur. On peut assimiler le déversoir ainsi créé à deux déversoirs :

1 seuil :

épaisseur : 1,10 m  
longueur de crête : 28,40 m  
hauteur de pelle : 0,70 m

1 seuil :

épaisseur : 0,30 m (négligeable devant  
la lame d'eau)  
longueur : 5,80 m  
hauteur de pelle : 1,50 m

Lame d'eau déversante :  $H = 0,75$  m

Débit du premier seuil (avec correction de seuil épais)

$$H \sqrt{2 g H} = 2,88$$

$$\begin{aligned} Q &= 0,41 \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{0,75}{1,45} \right)^2 \right] (0,70 + 0,185 \frac{0,75}{1,10})^{28,4} \times 2,88 \\ &= 31,8 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Débit du second seuil : (correction de seuil épais négligeable).

$$Q = 0,41 \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{0,75}{2,25} \right)^2 \right] \times 5,8 \times 2,88 = 7,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

Soit au total 39 m<sup>3</sup>/s (débit maximal évacué en 1959)

La cote maximale correspondant à la crue 1960 n'a pu être retrouvée : les délaissés sont contradictoires, pas nets du tout, et aucun témoin n'a assisté à la rupture. On peut toutefois affirmer que cette cote a été nettement inférieure à celle de 1959.

2) AHEL BAOBA (Bassin propre : 38 km<sup>2</sup> - Bassin total : 247 km<sup>2</sup>)

La digue avait déjà cassé lors de la crue du 16 Juillet, c'est-à-dire sous l'influence de l'écoulement dû au bassin propre d'AHEL BAOBA. La brèche a été colmatée.

Lors de la crue du 24 Juillet, les batardeaux des deux orifices de décharge ne comportaient que deux hauteurs de madriers : cote de leur seuil à 1,21 m sous le seuil de l'évacuateur. La passe droite (rive droite) a une largeur de 2,40 m, celle de la passe gauche est de 2,42 m. Les deux passes sont séparées par un bajoyer de 1,05 m de large dont le sommet est au même niveau que le seuil de l'évacuateur. L'ouvrage de décharge occupe sensiblement le milieu de l'évacuateur

qui s'étend de part et d'autre du déchargeur sur 5,02 m à droite et 5,05 m à gauche. L'évacuateur à une largeur de seuil de 1,24 m et une pelle de 1,62 m. Cote du seuil : 11,56 m plan G.R. (non numéroté).

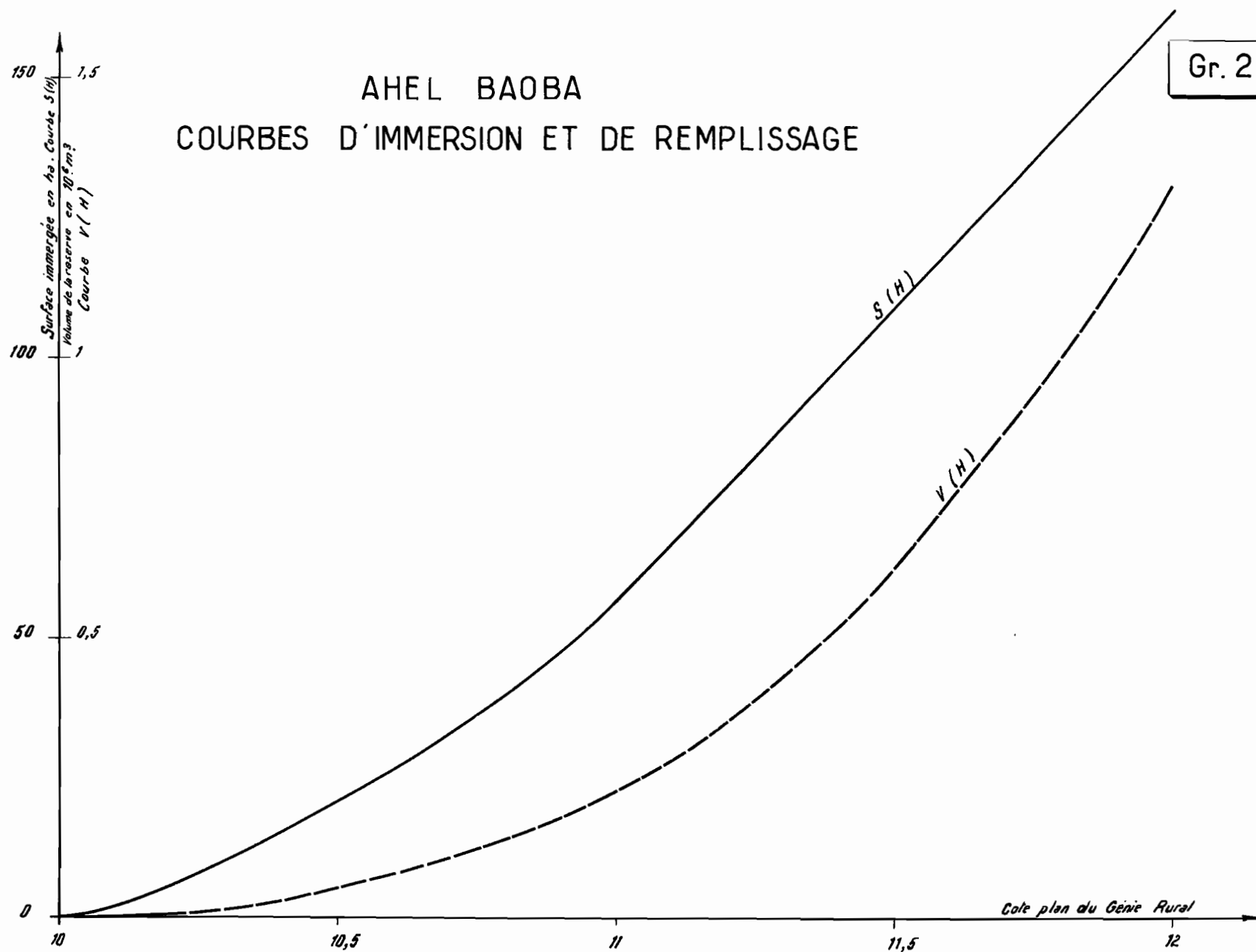
La largeur utile totale de l'ouvrage est donc de 15,94 m.

La superficie immergée par la crue du 24 Juillet a été insignifiante du fait que les deux passes étaient ouvertes.

Au moment de la crue du 12-13 Août, les passes étaient toujours ouvertes. Malgré cela, la cote est montée jusqu'à 58 cm au-dessus du seuil de l'évacuateur, soit 12,14 m dans le système du plan G.R. La rupture de la digue s'est produite au milieu de la pluie, c'est-à-dire vers 21 heures, avant celle du GRAND GRAIR et même celle de GAAT TEYDOUMA. Là encore les apports provenant du bassin propre en sont les seuls responsables. D'après la courbe de remplissage (graphique 22), le volume écoulé a été nettement supérieur à  $1\ 600\ 000\ m^3$ , ce qui laisse supposer un très fort coefficient d'écoulement et une pluie moyenne bien supérieure à 60 mm. A moins que la brèche n'ait été définitive qu'après le passage du flot de rupture du GRAND GRAIR, et que la cote maximale soit due aux apports amont.

A la cote maximale, l'évacuateur débitait environ  $8\ m^3/s$ , y compris le débit passant au-dessus du mur de séparation entre les passes du déchargeur. Pour les passes, le calcul est plus délicat du fait que la nappe devait être contrariée à l'aval, sinon noyée, et que l'on ne connaît pas la hauteur du plan d'eau aval. Nous avons estimé le débit total des

# A1



passes de 15 à 20 m<sup>3</sup>/s. Le débit ainsi évacué à la cote maximale par l'ensemble des ouvrages aurait donc été de l'ordre de 25 m<sup>3</sup>/s.

Ajoutons que la digue a péri par submersion, c'est un des rares cas où nous ayons observé une rupture due à l'insuffisance des organes évacuateurs.

3) AGUERJ LAJAR :

Le barrage est implanté sur un affluent de l'oued principal. Son bassin total est de 34 km<sup>2</sup>.

Les caractéristiques des ouvrages en béton sont les suivantes :

Déchargeur :

- largeur de la passe : 2,45 m
- épaisseur du batardeau : 30 cm
- après la fermeture du batardeau  
cote du seuil 115 cm sous sommet  
du bajoyer rive droite, soit : 11,20 (plan G.R.)
- hauteur de pelle : 1,20 m

Evacuateur :

- longueur de crête : 10,05 m
- largeur du seuil : 0,67 m
- hauteur de pelle : 1,40 m
- cote du sommet du bajoyer rive  
gauche : 12,48 m (plan G.R.)
- cote du seuil : 11,57 m
- hauteur de pelle : 1,40 m

Lors des crues du 16 et du 24 Juillet, le déchargeur était ouvert. La fermeture a eu lieu juste avant la crue du 12 - 13 Août, au cours de laquelle la digue a péri par submersion, comme pour AHEL BAOBA. La cote maximale atteinte a été de 12,14 m (plan G.R.), soit 0,57 m au-dessus du seuil de l'évacuateur et 0,94 m sur le sommet du batardeau. Le remplissage maximal a donc été de 230 000 m<sup>3</sup> d'après la courbe de remplissage du graphique 23 ; mais ce chiffre ne nous fournit aucun renseignement sur les apports réels puisque il y a eu rupture de la digue au cours de la crue.

Au moment de la rupture, le déchargeur débitait environ 1,5 m<sup>3</sup>/s et l'évacuateur 7,5 m<sup>3</sup>/s, soit un débit maximum total de 9 m<sup>3</sup>/s. Notons que pour un aussi faible débit, la digue est déjà submergée.

4) LEMBRANDA (bassin d'affluent : 68 km<sup>2</sup>):

Le déchargeur a été fermé avant la crue du 12 Août. Le seuil du batardeau se trouvait à 1,19 m sous le sommet du bajoyer droit de la passe. La cote maximale de l'eau dans la retenue a été déterminée d'après les délaissés particulièrement nets : elle se situe à 1,59 m, sous le sommet du bajoyer. Donc le déchargeur n'a pas débité ; on s'est assuré qu'il en avait été de même de l'évacuateur. Le barrage n'a pas cédé. On pourrait donc avoir une idée du volume écoulé par la crue du 12 - 13 Août et les crues ultérieures, à l'évapo-infiltration près (niveau descendu de 13 cm le 5 Septembre, par rapport au maximum). Malheureusement, aucune cote des ouvrages n'est rattachée au nivellement du plan G.R. donnant la topographie de la cuvette

MAU 10,185

ED:

LE: 10.10.1964

DES: J.P. Bédier

VISA:

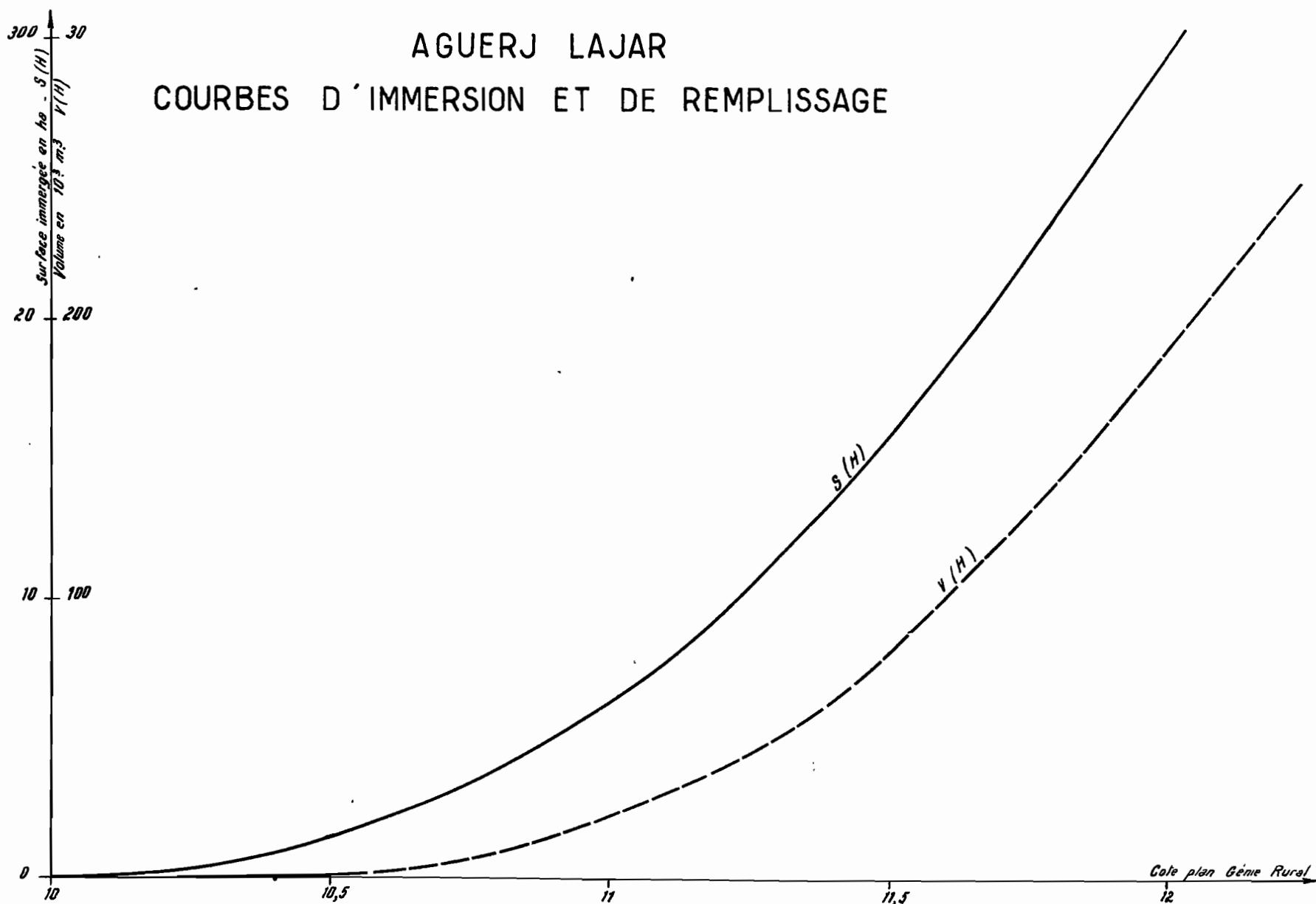
TUBE N°:

A1

ELECTRICITÉ DE FRANCE INSPECTION GÉNÉRALE UNION FRANÇAISE & ÉTRANGER

Gr. 23

AGUERJ LAJAR  
COURBES D'IMMERSION ET DE REMPLISSAGE



5) M'BREMIDA (bassin d'affluent : 85 km<sup>2</sup>) :

Le batardeau du déchargeur était en place avant les pluies. Il n'a pas débité. Le niveau maximal se situe à 0,85 m sous le bajoyer gauche du déchargeur.

Le 5 Septembre, le niveau de l'eau était 1,65 m sous le sommet du bajoyer, soit une baisse du plan d'eau de 80 cm par rapport au maximum.

Nous n'avons pas le plan de la cuvette.

C - OBSERVATIONS sur le POURTOUR du MASSIF -

1) O. KORAKORO -

Aucun écoulement de l'ensemble de l'oued en 1960. Quelques écoulements locaux très faibles.

2) OUMOUL-KHEUZ -

La partie active du bassin d'OUMOUL-KHEUZ se compose, au Sud, du bassin qui alimente la chaîne des barrages (LEHBILE, etc...), d'une superficie totale de 1 120 km<sup>2</sup>, au Nord, d'un bassin situé entre TAMCHAKETT et OUMOUL-KHEUZ : 400 km<sup>2</sup> (1) environ. La partie Sud est beaucoup plus importante du point de vue apports que la partie Nord.

Les niveaux observés dans la retenue d'OUMOUL-KHEUZ ont été rattachés au milieu du ponceau franchissant l'ouvrage de décharge. Ce point est coté 12,91 m sur le plan (non numéroté) du Génie Rural.

Le niveau maximal 1960 est à 2,41 m sous le repère, soit 10,50 m plan G.R.

Le 31 Août, le niveau de l'eau était à 2,63 m sous le repère, soit 10,28 m plan G.R., soit une baisse de 22 cm. Cet abaissement du plan d'eau est dû évidemment à l'évaporation

(1) Superficie globale qui comporte en réalité plusieurs bassins endoréïques.



et à l'infiltration, mais il ne la mesure nullement, puisqu'il y a eu certainement des apports entre le maximum et la date de not passage. Cette remarque est valable pour les observations citées antérieurement.

D'après la courbe de remplissage tracée sur le graphique 24, le maximum annuel correspond à 450 000 m<sup>3</sup> environ d'apports, dont il ne reste plus que 275 000 le 31 Août.

Le chiffre trouvé pour le maximum traduit les pertes énormes qui se produisent entre BARGATANI (465 km<sup>2</sup>) où les apports ont dû s'élever à plusieurs millions de m<sup>3</sup>, et OUMOUL-KHEUZ.

3) Oued ... à 30 km environ de TAMCHAKETT sur la piste de KIFFA

Cet Oued fait effectivement partie du bassin d'alimentation Nord d'OUMOUL-KHEUZ. La surface de son bassin à la piste TAMCHAKETT - KIFFA est de 60 km<sup>2</sup>.

Un profil en long et un profil en travers, effectués le 31 Août, ont donné les résultats suivants pour le débit maximum :

Section : 15 m<sup>2</sup> pour le maximum 1960

Pente : 0,003

R<sub>n</sub> : 0,65 m

La formule de MANNING, utilisée avec K = 35, donne :

U = 1,45 m/s

Q = 22 m<sup>3</sup>/s

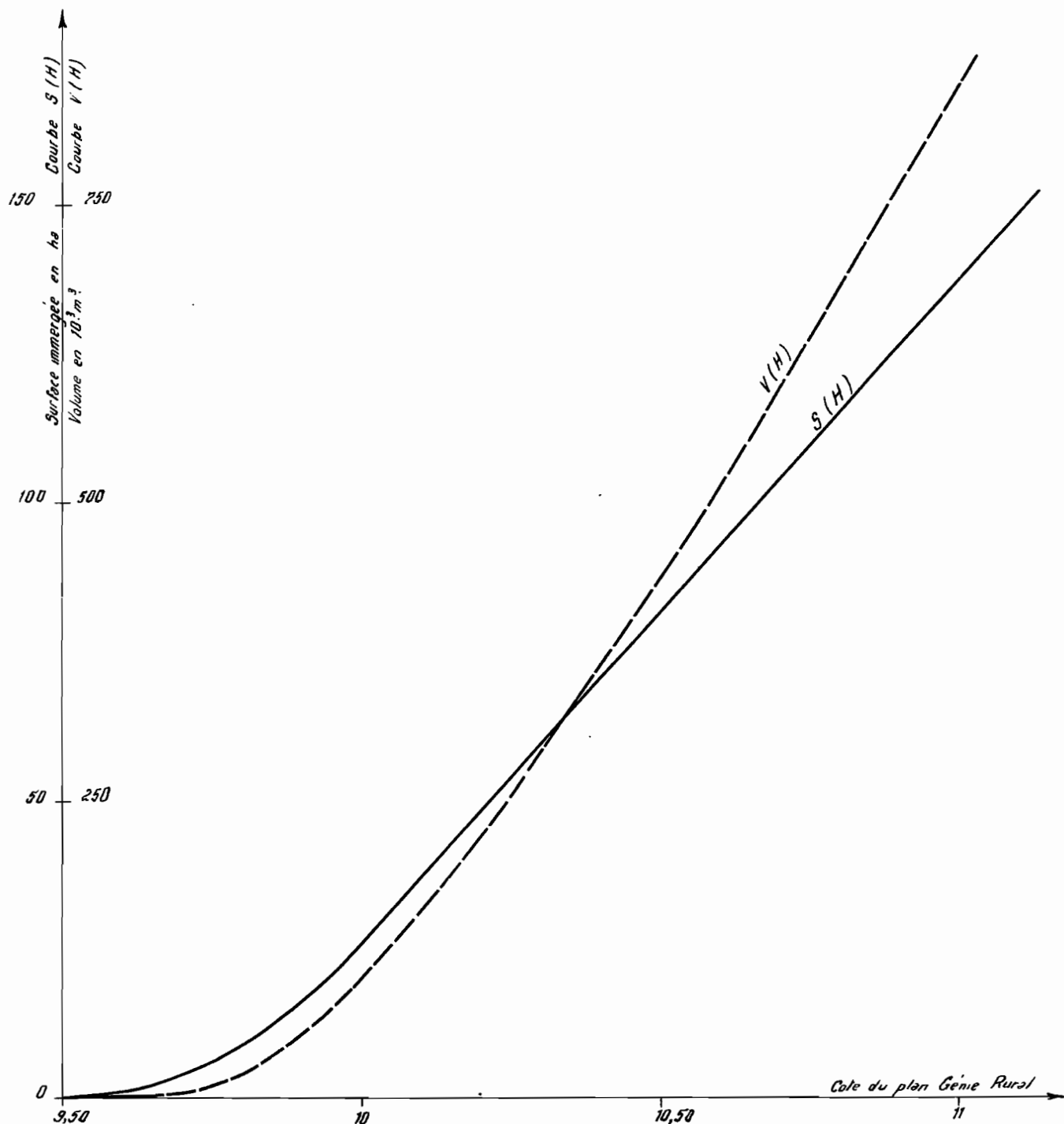
soit un débit spécifique de 370 l/s.km<sup>2</sup>.

4) TAMCHAKETT - Aviation :

Une très faible partie de la retenue a été inondée, bien que la déchargeur ait été fermé dès le début des pluies,

OUMOULKHEUZE

## COURBES D'IMMERSION ET DE REMPLISSAGE



MAU. 10.186

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: 10.10.1968

DES: J. H. Huchet

VISA:

TUBE N°:

A 0

Le niveau maximal du plan d'eau s'est arrêté à 2,28 m sous le sommet du bajoyer droit du déchargeur. Le 27 Août, le niveau était à 2,80 m sous le même repère, soit un abaissement du plan d'eau de 52 cm. Notons que la crête du déversoir est à 1,23 m sous le sommet du bajoyer, c'est-à-dire 1,05 m au-dessus du maximum 1960.

Aucun point de l'ouvrage n'est coté dans le système du plan de la cuvette (plan G.R. n° 166).

5) ZRAFFIE -

Il s'agit actuellement d'une petite digue hartani contrôlant une minuscule retenue. Cette digue a cédé à la première crue, a été refaite et la retenue ne s'est pas remplie par la suite.

Les barrages de GAAT LEBGAR, OUM LEMHAR et JAHAFIE n'ont pas été exploités en 1960, non plus que REYOUNG au N.E. du banc de VREIDI.

6) ACHAMAT -

Le déchargeur a été fermé au début de la saison des pluies et ouvert le 27 Août.

Cote maximale atteinte en 1960 : 2,23 m sous le sommet du bajoyer rive droite du déversoir, donc bien en-dessous de la brèche du déversoir qui est calée à 1,10 m sous le sommet du bajoyer.

Aucun point de l'ouvrage n'est coté dans le système G.R. du plan de la cuvette (plan n° 157).

Immersion très faible.

QUELQUES BARRAGES de L'AFOLLE



GAATE TEYDOUMA



AHEL BAOBA



AGUERJ LAJAR



M'BREMIDA

## CHAPITRE VI

### ELEMENTS HYDROLOGIQUES pour le CALCUL des BARRAGES

: Il est indispensable de lire le texte :  
: avant d'utiliser les graphiques :

Les indications données au cours de ce chapitre font largement appel aux études effectuées par le Service Hydrologique de l'O.R.S.T.O.M. dans les zones sahéliennes et subdésertiques (BRAKNA, TAGANT, AIR, GOURMA, OUADDAÏ, ENNEDI). On s'est efforcé de déterminer, par comparaisons, des fourchettes de valeurs pour les différents paramètres de l'écoulement. En effet, une seule campagne, même si les mesures avaient été entreprises avec des moyens beaucoup plus considérables, même si les écoulements avaient été abondants, n'aurait pas permis de faire des estimations utilisables pour la détermination des ouvrages et la prévision de leur exploitation.

Par contre, les observations effectuées en 1960 permettent de situer les caractéristiques hydrologiques des bassins de l'AFOLLE (surtout du Centre du Massif) parmi l'ensemble des données que l'on possède par ailleurs.

Les résultats obtenus n'ont évidemment pas un caractère de précision qui ne saurait être attendu que de plusieurs dizaines d'années d'observations ; mais ils peuvent guider utilement les projeteurs. Nous nous sommes efforcés de conserver une marge de sécurité nécessaire, mais sans l'exagérer, ce qui fausserait autant les données du problème qu'un optimisme excessif.

Nous épargnerons autant que possible au lecteur le développement des méthodes utilisées, dont seul le principe sera mentionné, et le récit des tâtonnements inévitables dans une étude qui fait autant appel à l'intuition qu'à l'analyse rigoureuse des résultats d'observation.

#### A - LES APPORTS -

Dans la partie climatologique de ce rapport, nous avons insisté assez longuement sur l'estimation de ce qui pourrait être considéré comme une pluie annuelle moyenne dans le Massif. On s'était arrêté au chiffre de 310 mm, avec un coefficient de variation de 0,33.

C'est là un des éléments nécessaires au calcul des apports et à leurs variations interannuelles.

Le second élément, non moins important, est l'estimation d'un coefficient annuel d'écoulement. Le problème est beaucoup plus difficile. D'une part, pour un bassin donné, le coefficient d'écoulement dépend de la hauteur de pluie moyenne, et ceci de façon aléatoire (la partie aléatoire intégrant les variations dans la répartition annuelle des averses et d'autres facteurs). D'autre part, le coefficient d'écoulement varie avec la surface du bassin.

On conçoit néanmoins qu'il existe pour chaque hauteur de précipitation et chaque superficie de bassin, une valeur centrale du coefficient d'écoulement et qu'il soit possible d'introduire cette valeur centrale dans le calcul de l'écoulement correspondant à une pluie annuelle de fréquence donnée. La fréquence de l'écoulement ne sera pas exactement la même que celle de la précipitation, puisqu'on a négligé la dispersion propre du coefficient d'écoulement, mais il ne semble pas que cette erreur ait beaucoup d'importance.

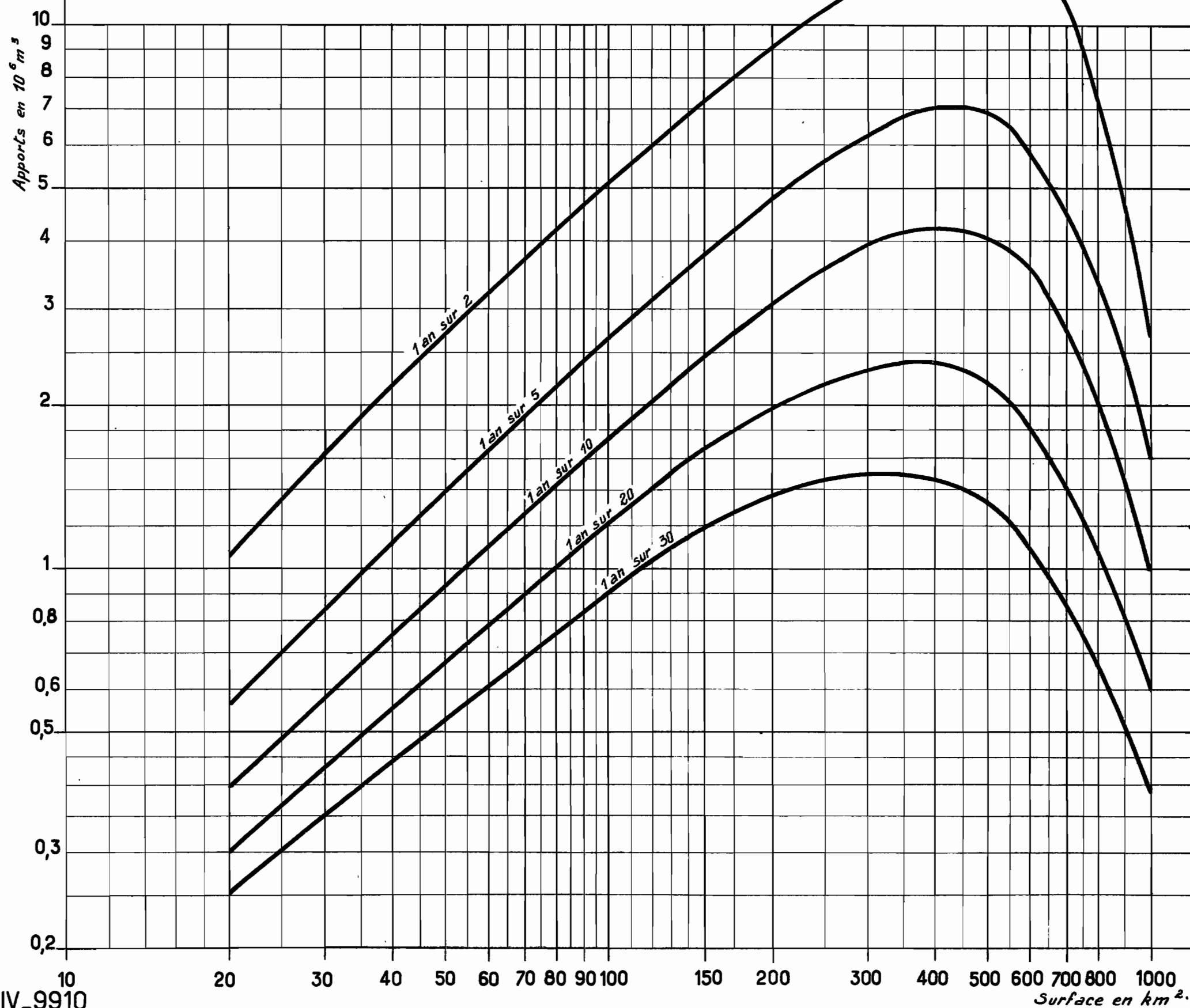
Il reste à estimer la valeur centrale du coefficient d'écoulement correspondant à un bassin de surface donnée, pour une pluviométrie donnée. Ceci a été fait en tenant compte des résultats de la campagne 1960 et de tous les résultats que nous avons pu recueillir concernant d'autres bassins. On a ainsi mis au point, de façon très approximative, un réseau de courbes d'égal coefficient d'écoulement, en fonction de la hauteur de précipitations et de la surface du bassin.

Ces différentes données permettent, en définitive, de construire le graphique 25, établi pour la vallée de LEHBILE-BARGATANI, qui servira d'outil de travail au projeteur. Les courbes tracées sur ce graphique sont des courbes d'égale fréquence dans le sens de la sécheresse, c'est-à-dire que la courbe (1 an sur 10), par exemple, donne, pour chaque surface de bassin versant, les apports qu'il faudra s'attendre à ne pas voir dépasser 1 an sur 10 en moyenne.

On voit qu'il existe, pour chaque courbe, une surface de bassin optimale, au-delà de laquelle les apports décroissent, l'augmentation du bassin ne suffisant plus à compenser les pertes. Cet effet est dû à la dégradation progressive du réseau : nous l'avons constaté en faisant le bilan du barrage d'OUMOUL-KHEUZ. Il est normal que cette surface optimale croisse avec la hauteur de précipitation.

Pour la vallée de BOUDIENGAR (système d'alimentation Sud de la dépression de TAMCHAKETT), on pourra encore utiliser le graphique 25 en divisant par deux les volumes d'apports obtenus.

VOLUMES D'APPORTS EN FONCTION DE LA SURFACE DU  
BASSIN ET DE LA FRÉQUENCE DANS LE SENS DE LA SÉCHERESSE.





Pour les barrages du Sud de l'AFOLLE, le graphique 25 ne peut être utilisé. Nous pensons que les coefficients d'écoulement qui ont servi à l'établir devraient être au moins divisés par 10, mais la forme de la dispersion indiquée sur le graphique n'a plus aucun sens. On supposera que les apports moyens, pour des bassins compris entre 50 et 100 km<sup>2</sup>, sont de l'ordre de 5 mm par an. Ils peuvent être voisins de zéro pour une année particulièrement sèche.

Pour l'Est et l'Ouest du Massif, dans les zones ensablées, les apports moyens seront légèrement inférieurs à ceux du Sud (3 - 4 mm). Des sécheresses totales doivent pouvoir se produire dès que le bassin dépasse 50 à 100 km<sup>2</sup>.

Au Nord, il faudra réduire encore le chiffre des apports moyens à 2 - 3 mm.

## B - LES CRUES -

Les seuls renseignements vraiment intéressants recueillis au cours de la campagne 1960 concernent le Centre AFOLLE (LEHBILE-BARGATANI). Nous avons vu que dans les autres régions du Massif, les crues ont été très faibles.

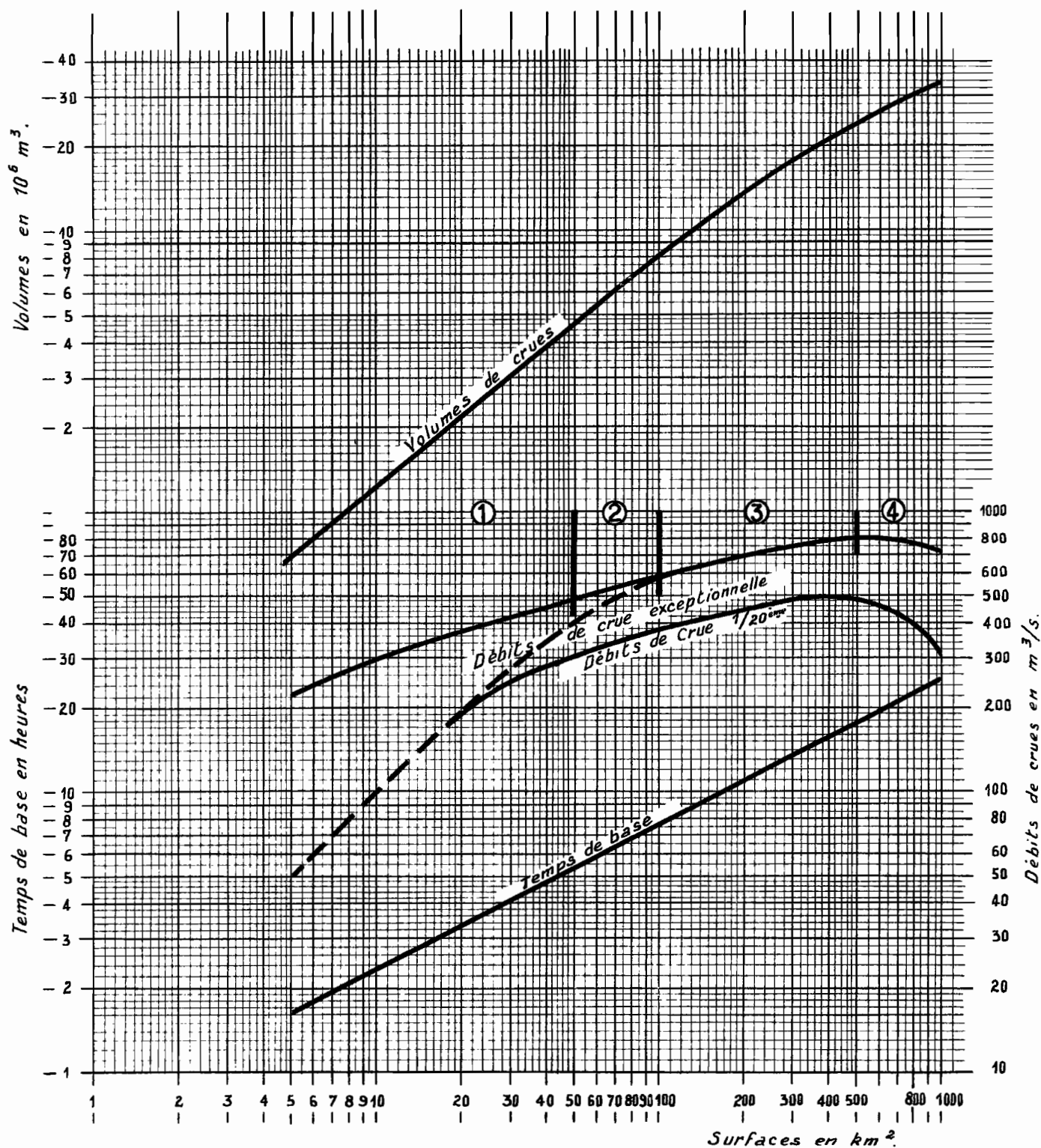
Pour les très fortes averses, le phénomène a déjà été observé lors de la crue du 12 - 13 Août à LEHBILE, les diverses composantes de débit d'un bassin ont tendance à se mélanger pour donner un seul maximum. Evidemment, plus le bassin est grand, plus la précipitation doit être élevée pour réaliser ces conditions. Nous faisons abstraction des petites pointes préliminaires dues à un ruissellement purement local dont l'importance, au cours d'une grande crue, est tout à fait secondaire.

L'hydrogramme de la crue du 12 - 13 Août, dû à une averse bien homogène, a une forme approximativement triangulaire. Nous l'assimilerons à un triangle de même hauteur et de même surface, ce qui conduit à lui donner une base de 9 heures. Or, nous savons qu'en général, pour un même système hydrographique normalement constitué, c'est-à-dire ne présentant pas des discontinuités géographiques ou géologiques, ni de dégradation importante, le logarithme de ce temps de base varie sensiblement comme le logarithme de la surface du bassin. C'est à peu près le cas de notre vallée jusqu'à BARGATANI ; ensuite, l'extrapolation a pour effet de sous-estimer le temps de base, c'est-à-dire de surestimer les débits maximaux de crue. On peut donc adopter cette représentation en toute sécurité. Un second point, donné par le petit bassin de LEHBILE, permet de tracer la droite du graphique 26.

Nous avons vu au Chapitre III (Climatologie) que l'averse cinquantenaire, dans le Massif de l'AFOLLE, peut être estimée à 140 mm. Cependant, il a été observé une averse de 150 mm durant les 79 stations-années que constitue l'ensemble des observations pluviométriques. Bien que nous ayons des raisons de penser que ce chiffre est surestimé, nous l'adopterons pour définir l'averse exceptionnelle. Le chiffre de 165 mm trouvé pour l'averse dite centenaire paraît en effet un peu exagéré.

On supposera, condition sévère pour des bassins de superficie inférieure à 50 km<sup>2</sup> mais normale pour des bassins de 100 km<sup>2</sup>, qu'une telle averse est susceptible de fournir des hydrogrammes unitaires.

CRUE EXCEPTIONNELLE



Les coefficients d'écoulement de crue sont également variables avec la surface du bassin. On a trouvé, au cours de la campagne 1960, des coefficients de 35 % pour 143 km<sup>2</sup> et 62 mm (maximum ponctuel), plus de 50 % pour la même averse et pour 16 km<sup>2</sup>. Il ne paraît pas exagéré de porter ces chiffres de 60 % et 80 % pour une averse de 150 mm. Pour 400 à 500 km<sup>2</sup>, le coefficient pourrait être de l'ordre de 50 %. On admettra prudemment des coefficients d'abattement de 0,8 pour 150 km<sup>2</sup> et 0,7 pour 450 km<sup>2</sup>. On arrive ainsi à la courbe des volumes de crues tracée sur le graphique 26.

La combinaison des deux courbes précédentes permet de tracer la courbe de variation du débit de crue exceptionnelle. Cette courbe est valable entre 100 et 500 km<sup>2</sup> (zone 3). En dessous de 50 km<sup>2</sup> (zone 1), les crues sont fortement surestimées. Entre 50 et 100 km<sup>2</sup> (zone 2), débits surestimés. Au-delà de 500 km<sup>2</sup> (zone 4), il semble que les débits soient également trop forts.

Pour les petits bassins, la surestimation tient à ce que la crue ne peut absolument pas être considérée comme unitaire. Nous avons tracé en tireté une courbe que nous jugeons raisonnable (d'après les débits spécifiques atteints sur d'autres bassins).

Pour les grands bassins (plus de 500 km<sup>2</sup>), nous pensons que les volumes de crue calculés sont un peu trop forts, mais ce n'est pas sûr et nous conserverons la courbe obtenue.

Nous considérons que l'utilisation de cette courbe offre une sécurité totale, mettons une sécurité à 99 % pour fixer les idées, sans attribuer à ce chiffre la moindre valeur statistique. Mais il peut se faire que l'utilisateur préfère accepter un certain risque, à condition que celui-ci ne soit

pas trop élevé, plutôt que d'arriver à des solutions économiquement impossibles et finalement de renoncer au projet. Dans ce cas, nous préconiserons d'adopter une crue d'ordre 1/20.

L'averse correspondante peut être prise égale à 100 mm. Pour 150 km<sup>2</sup>, on peut admettre une réduction de 95 % mais pas plus : une telle pluie peut éventuellement être très homogène (voir Climatologie, paragraphe B). Le coefficient d'écoulement (valeur centrale) ne doit pas dépasser 50 %. Pour 450 km<sup>2</sup>, nous admettrons une réduction de 80 % et un coefficient d'écoulement de 40 %. On arrive ainsi à la courbe de crues 1/20 tracée sur le graphique 26. Cette courbe rejoint la courbe en tireté des crues exceptionnelles, ce qui est logique car la pluie de 100 mm doit également cesser d'être considérée comme unitaire pour des bassins inférieurs à 20 km<sup>2</sup> et on estime que l'intensité en 1 heure de la pluie de 150 mm n'est guère supérieure à l'intensité correspondante de la pluie de 100 mm (voir paragraphe C du Chapitre IV).

Pour les autres bassins, ceux de l'Oued BOUDIENGAR et les bassins du pourtour, il est bien difficile de donner des indications. Pour l'Oued BOUDIENGAR, on peut, à la rigueur, envisager une réduction de 20 % environ des débits de crue retenus pour la vallée de LEHBILE-BARGATANI ; on est à peu près sûr de se garder ainsi une sécurité au moins aussi grande.

Pour les bassins du pourtour, les crues à prendre en considération dépendent essentiellement du degré d'ensablement. Tout ce que l'on peut affirmer, c'est que les débits spécifiques de crues sont très inférieurs à ceux du Centre de l'AFOLLE. Cependant, comme il faut bien se donner un chiffre

pour le calcul des ouvrages, nous conseillons de prendre un débit spécifique variant de 5 à 2 m<sup>3</sup>/s.km<sup>2</sup> entre 10 et 100 km<sup>2</sup> pour les bassins comportant une notable proportion de rochers et de 2 à 0,5 pour des bassins presque entièrement ensablés.

En pratique, on adoptera la classification suivante :

- Groupe 1 : une des deux courbes du graphique 26, suivant le risque qu'on accepte de prendre,
- Groupe 2 : la même chose que 1 en réduisant de 20 % les crues obtenues,
- Groupe 3 : débits spécifiques variant de 5 l/s.km<sup>2</sup> pour 10 km<sup>2</sup> à 2 l/s.km<sup>2</sup> pour 100 km<sup>2</sup>.
- Groupe 4 : débits spécifiques variant de 2 l/s.km<sup>2</sup> pour 10 km<sup>2</sup> à 0,5 l/s.km<sup>2</sup> pour 100 km<sup>2</sup>.

#### C - UTILISATION de ces ELEMENTS -

Il n'est pas dans notre propos d'établir les données définitives à prendre en considération pour le calcul des ouvrages. Cette opération est du domaine du projeteur. En effet, les courbes établies s'appliquent à des bassins supposés libres de tout ouvrage. S'il existe des aménagements en chaîne, comme c'est le cas de la vallée de LEHBILLE, il faudra, pour chaque ouvrage, tenir compte de ce qui existe à l'amont, ce qui amènera une réduction des apports et, peut-être, une amélioration de la situation en ce qui concerne les crues. Ce dernier point est beaucoup moins sûr. En effet, s'il faut compter avec la rupture possible d'un ou plusieurs ouvrages, la situation risque au contraire d'être sérieusement aggravée.

D'autre part, en ce qui concerne les crues, si l'on pense que la retenue est susceptible de créer un laminage intéressant, ce n'est pas seulement le débit de pointe qui importera, mais l'ensemble de l'hydrogramme de crue. On pourra dans ce cas se contenter d'un hydrogramme schématique en forme de triangle équilatéral que l'on construira à partir de la courbe des débits de pointe et de la courbe des temps de base (hauteur et base du triangle).

Afin de faciliter la mise en oeuvre de nos résultats, nous donnons ci-dessous une classification par groupe des ouvrages existant ou en projet (d'après la carte de LERMUZEUX et les photos aériennes).

Groupe 1 :

LEHBILE  
GRAND GRAIR  
ANZEYE  
GAAT TEYDOUMA  
AHÉL BAOBA  
AGUERJ LAJAR  
M'BREMIDA  
LEMBRANDA  
BARGATANI  
TOMBOUSKY  
OUMOUL-KHEUZ (bassin Sud)

Groupe 2 :

GUELAB  
EL MARA  
AGUERJ-LAJAR  
ATCHANE

KANDRIA  
MELZEM el BAROUK  
LEFDE  
GLEITET NAGA  
RLIG el ROUVT  
REYUG

Groupe 3 :

MEDROUM  
M'BEIT  
GAAT LEBGAR  
JAHAFIE  
OUM LEMHAR

Groupe 4 :

ZRAFFIE  
ACHAMAT  
TAMCHAKETT Aviation (Entre MEDROUM et le  
barrage)  
LEGLEIBAR  
Les barrages de l'Est KIFFA.



LISTE des NOMS GEOGRAPHIQUES

	Pages
ACHAMAT	10, 16, 70, 80
AGUERJ LAGLAL	14, 79
AGUERJ LAJAR	15, 66, 79
AHEL BAOBA	14, 64, 67, 79
AHEL DJIGOU (Voir GRAND GRAIR)	
AIOUN EL ATROUSS	4, 10, 12, 17, 18, 20, 23, 24, 29, 30, 35, 36, 37,
ANZEYE (Voir PETIT GRAIR)	
ATCHANE	79
BARGATANI	4, 14, 59, 69, 73, 74, 75, 77, 79,
BENIAMOUSS	13,
BOTNAN	16,
BOUDIENGAR	12, 13, 59, 60, 73, 77
BOUGARI	16,
ELEM DENNE	16,
EL MARA	14, 79,
GAAT LEBGAR	15, 70, 80,
GAAT TEYDOUMA	14, 62, 63, 65, 79
GLEITET NAGA	80,
GRAND GRAIR	3, 4, 8, 9, 43, 50, 51, 52, 53, 54, 63, 65, 79,

	Pages
GUELAB	3, 4, 6, 7, 9, 14, 35, 37, 39, 40, 57, 59, 61, 79,
JAHAFIE	70, 80,
KANDRIA	80,
KIFFA	4, 9, 11, 13, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 29, 31, 34, 35, 36, 37, 69, 80,
KITAN	12, 13, 14, 45, 49,
KORAKORO	12, 14, 15, 68,
LEFDE	80,
LEGLEIBAR	80,
LEHBILE	3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 59, 62, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79,
LEMBRANDA	15, 67, 79,
M'BEIT	14, 80,
M'BREMIDA	15, 68, 79,
MEDROUM	13, 80,
MELZEM EL BAROUK	80,
MOCAMBA (Voir LEMBRANDA)	
MOKTA SFERA	15,
OUM LEMHAR	16, 70, 80,
OMOUL-KHEUZ	10, 14, 15, 68, 69, 73, 79,
PETIT GRAIR	14, 43, 62, 63, 79,

Pages

REYOUG	16, 70, 80,
RLIG EL ROUVT	80,
TAMCHAKETT	3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 26, 35, 37, 39, 61, 62, 68, 69, 73, 80,
TEGOUA	12, 13,
TINTANE	4, 16,
TOMBOUSKY	15, 79,
TOUIJILLIT SAFRA	13,
VREIDI (Banc de)	16, 70,
ZRAFFIE	10, 16, 70, 80,

MISSION AFOLLE

---

Campagne 1960

ANNEXE A

ANALYSE des AVERSES OBSERVEES  
à LEHBILE

---

A - 1

PLUIE du 3 JUILLET à LEHBILE

Total : 8,5 mm

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
15 h.58	0			
16 h.00	2,5	2,5	2	75
16 h.04	6,0	3,5	4	52
16 h.10	7,5	1,5	6	15
16 h.20	8,5	1,0	10	6

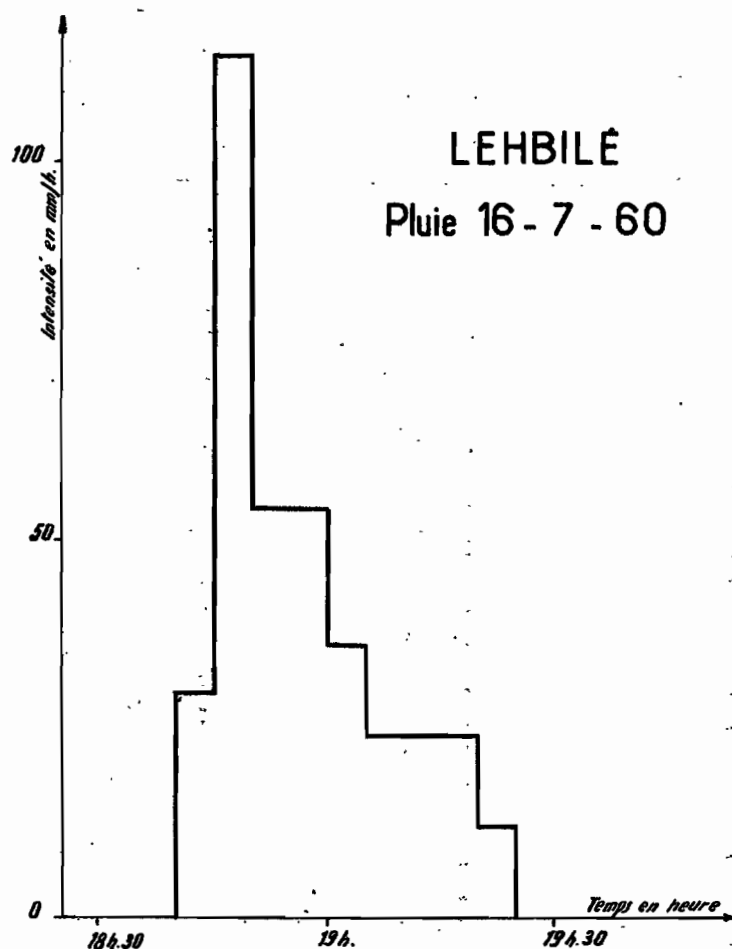
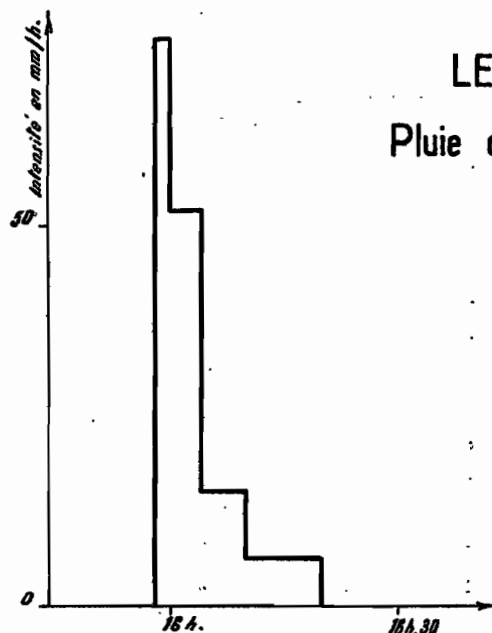
A - 2

PLUIE du 16 JUILLET à LEHBILE

Total : 31,0 mm

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
18 h.40	0			
18 h.45	2,5	2,5	5	30
18 h.50	12,0	9,5	5	114
18 h.55	16,5	4,5	5	54
19 h.00	21	4,5	5	54
19 h.05	24	3	5	36
19 h.10	26	2	5	24
19 h.15	28	2	5	24
19 h.20	30	2	5	24
19 h.25	31	1	5	12

A. 1



A. 2

MAU 10.187

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE . SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: XI - XII - NCHLX

DES: J.P. HaeRig

VISA:

TUBE N°:

A 0

A - 3

PLUIE du 24 JUILLET à LEHBILE

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
12 h.55	0			
13 h.00	4,5	4,5	5	54
13 h.05	10	5,5	5	66
13 h.10	16,5	6,5	5	78
13 h.15	21	4,5	5	54
13 h.20	27	6	5	72
13 h.25	30,5	3,5	5	42
13 h.30	31	0,5	5	6

A - 4

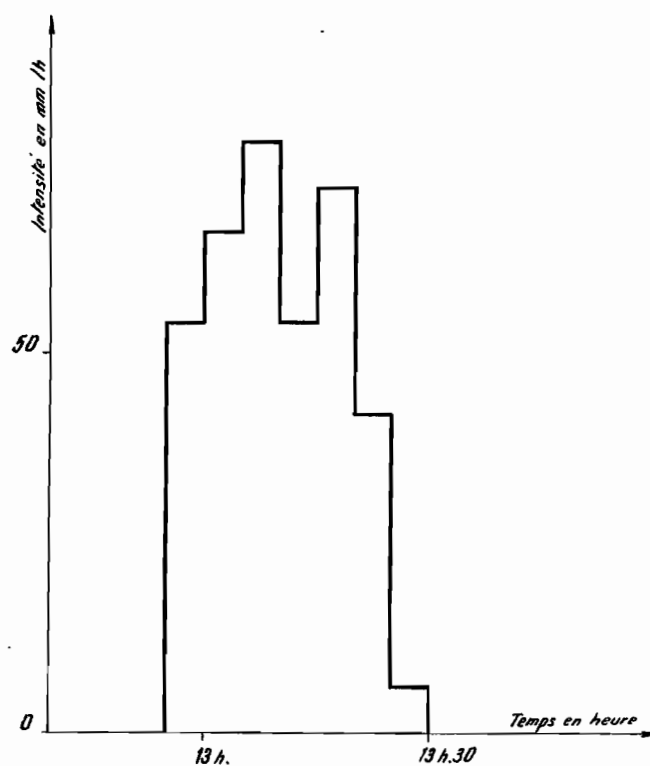
PLUIE du 2 AOUT à LEHBILE

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
7 h.50	0			
7 h.55	4,5	6,5	5	54
8 h.05	6,5	2,0	10	12
8 h.15	9	2,5	10	15
8 h.25	12	3	10	18
8 h.50	13,5	1,5	25	3,6
8 h.55	14,5	1	5	12
10 h.20	15,5	1	85	0,7

LEHBILÉ

A.3

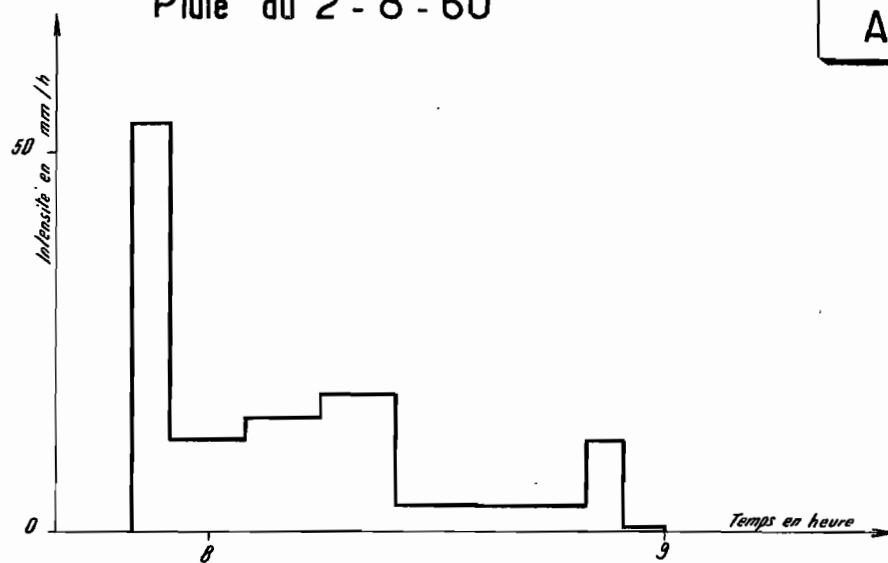
Pluie de 24 - 7 - 60



LEHBILÉ

A.4

Pluie du 2 - 8 - 60





A - 5

PLUIE du 12 AOUT à LEHBILLE

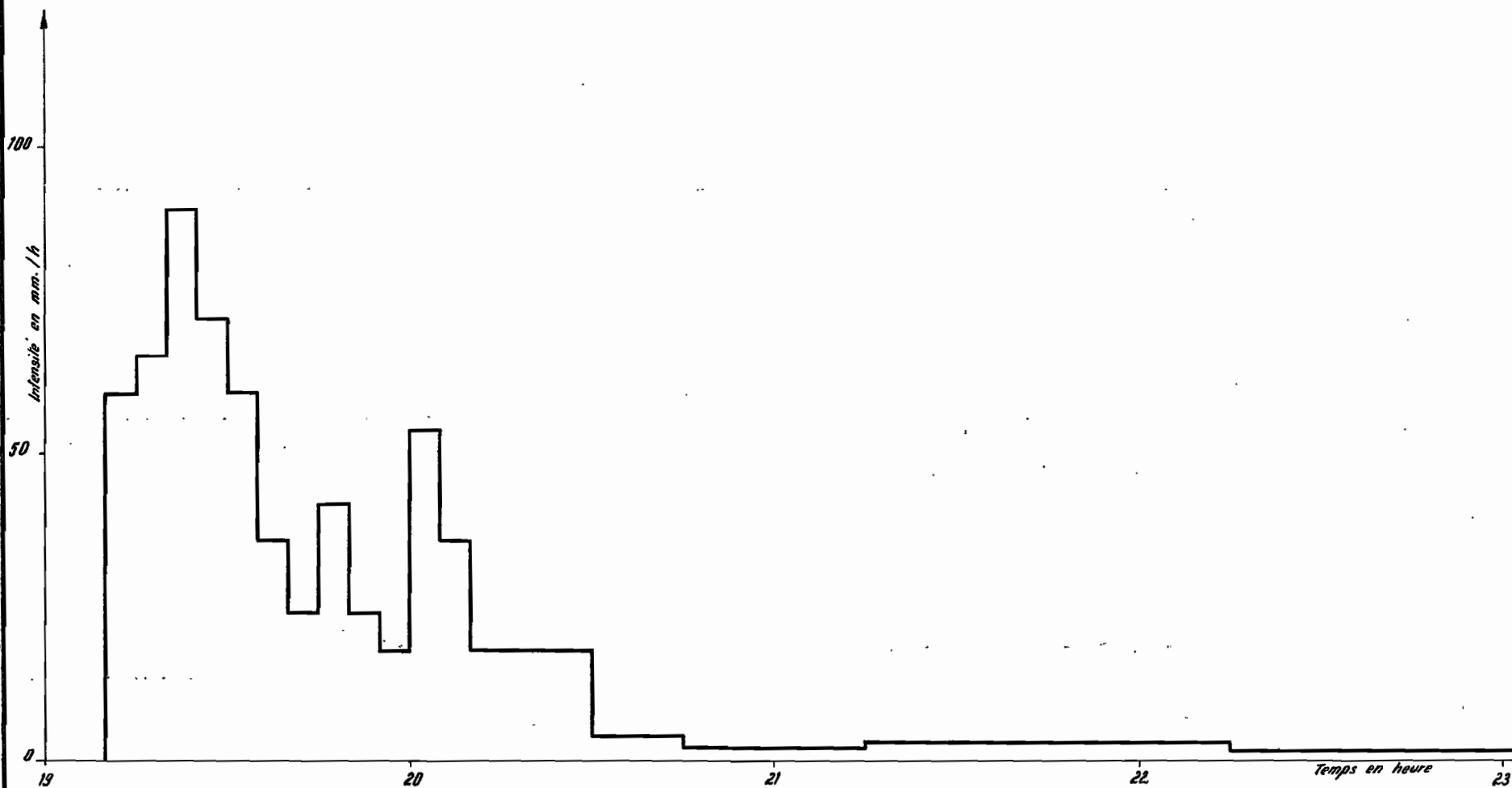
Total : 61,5 mm  
(Total journée : 62,0 mm)

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
19 h.10	0			
15	5	5	5	60
20	10,5	5,5	5	66
25	18	7,5	5	90
30	24	6	5	72
35	29	5	5	60
40	32	3	5	36
45	34	2	5	24
50	37,5	3,5	5	42
55	39,5	2	5	24
20 h.00	41	1,5	5	18
05	45,5	4,5	5	54
10	48,5	3,0	5	36
15	50	1,5	5	18
30	54,5	4,5	15	18
45	55,5	1,0	15	4
21 h.15	56,5	1,0	50	2
45	58,0	1,5	30	3
22 h.15	59,5	1,5	30	3
23 h.00	60,5	1	45	1,3
24 h.00	61,5	1	60	1

A.5

LEHBILÉ

Pluie du 12-8-60



MAU 10.189

ED:

ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

LE: 12/08/1960

DES: J. F. Boudry

VISA:

TUBE N°:

A O

MISSION AFOLIE

---

Campagne 1960

ANNEXE B

ANALYSE des AVERSES OBSERVEES

à AIOUN

---

B - 1

PLUIE du 2 AOUT 1960 à ATOUN

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
6 h.12	0			
		1,5	3	30
6 h.15	1,5			
		7,5	5	90
20	9,0			
		3,0	5	36
25	12,0			
		3,0	5	36
30	15,0			
		5,5	10	33
40	20,5			
		2,0	5	24
45	22,5			
		2,0	5	24
50	24,5			
		1,0	10	6
7 h.00	25,5			
		1,5	15	6
45	27,0			
		4,5	60	4,5
8 h.45	31,5			
		4,5	105	2,6
10 h.30	36,0			

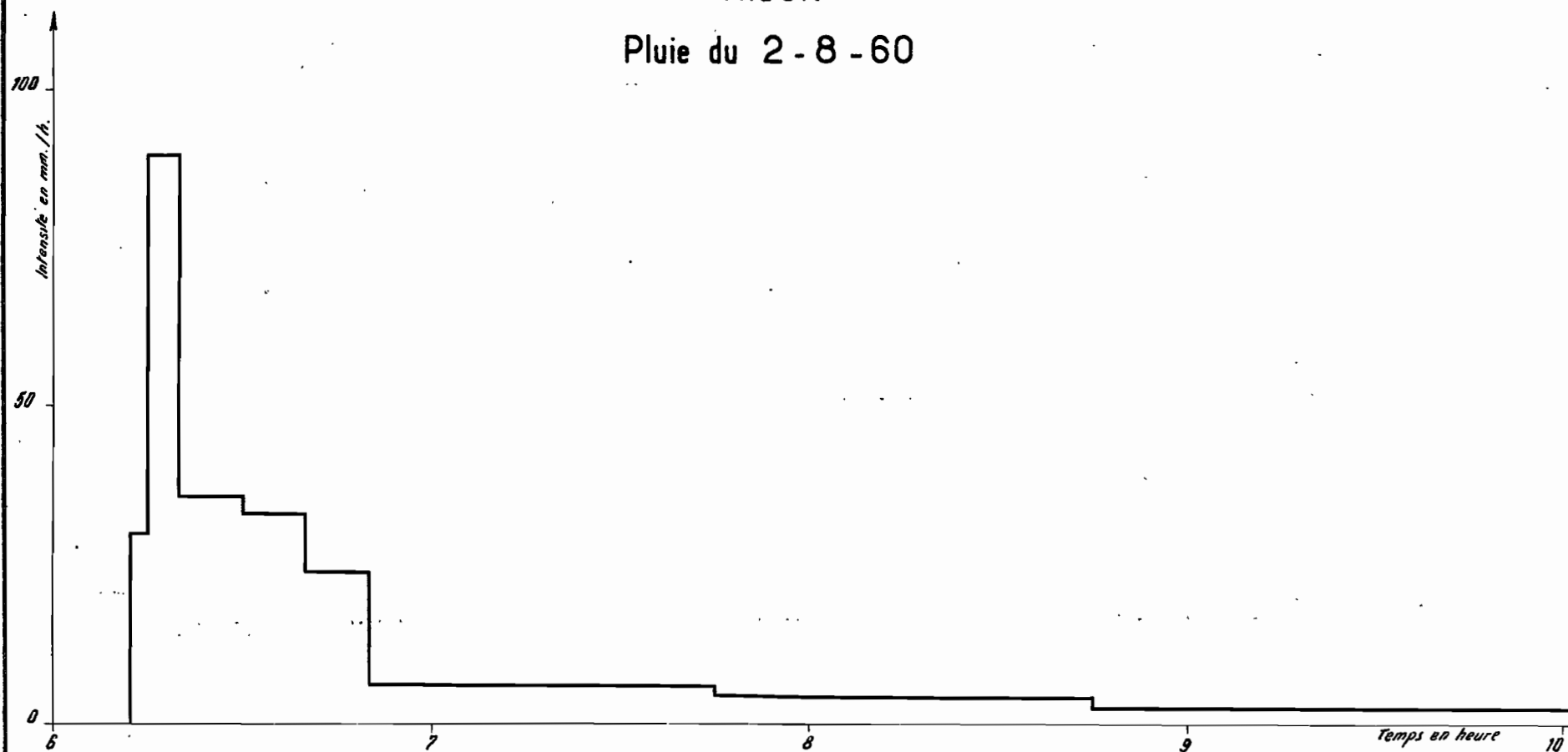
B - 2

PLUIE du 8 SEPTEMBRE 1960 à ATOUN

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
8 h.56	0			
		10,0	4	150
9 h.00	10,0			
		8,0	5	96
9 h.05	18,0			

B.1

AÏOUN  
Pluie du 2 - 8 - 60



MAU 10.190

ED:

ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE DES ETUDES D'OUTRE-MER

LE: 11/11/1960

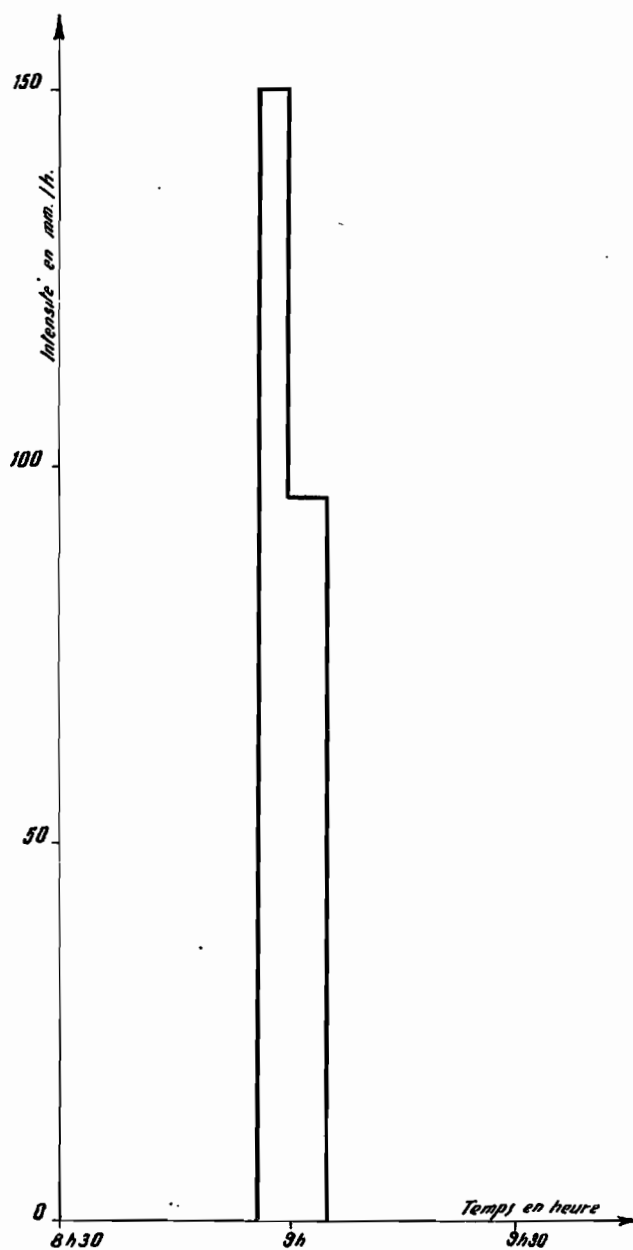
DES: J-P. HEDRICH

VISA:

TUBE N°:

A O

AÏOUN  
Pluie du 8-9-60



MAU 10.191

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: 20.10.1960

DES: J. F. Haché

VISA:

TUBE N°:

A 0

MISSION AFOLLE

---

Campagne 1960

ANNEXE C

ANALYSE des AVERSES OBSERVEES

à KIFFA

-----+-----

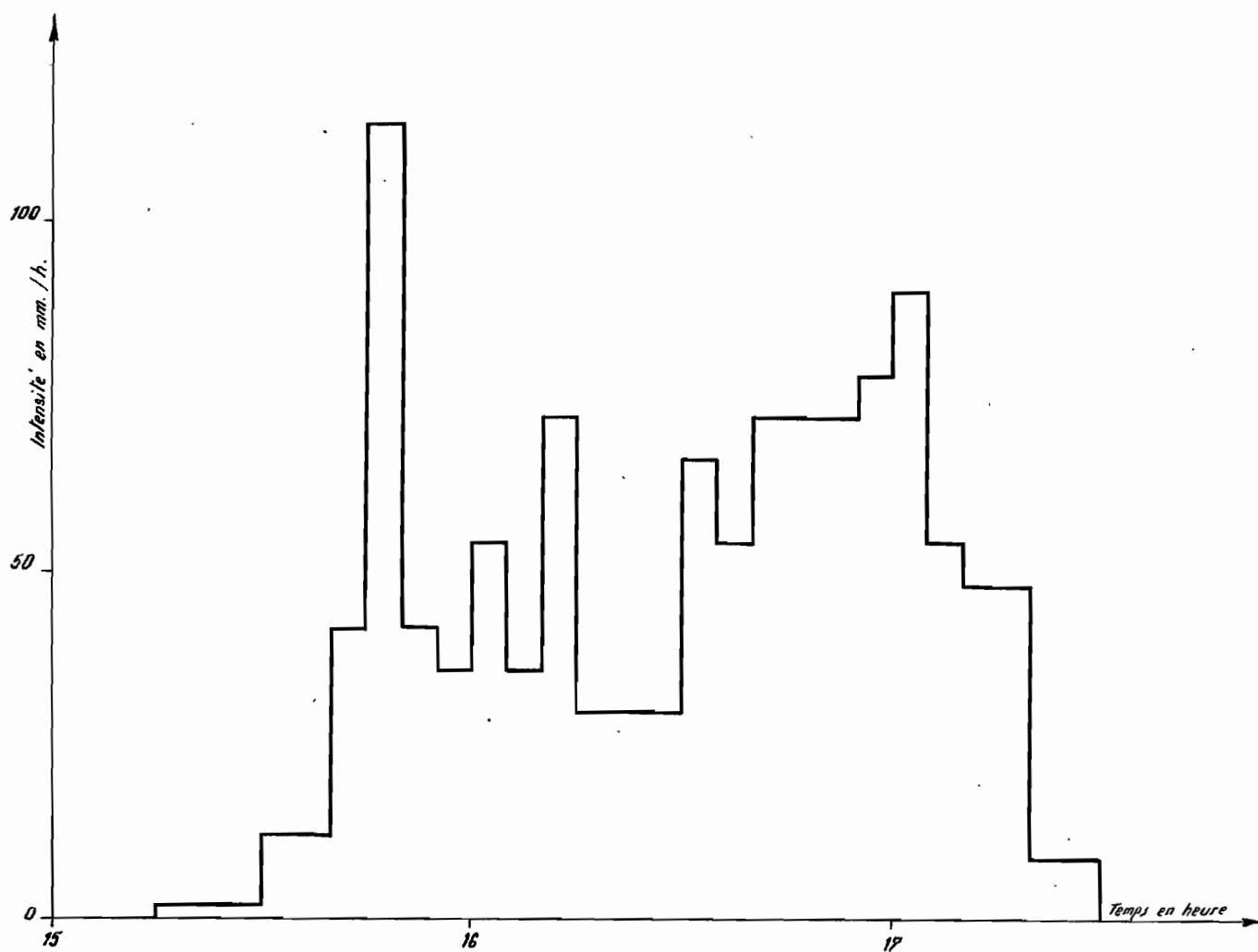
C - 1

PLUIE du 2 AOUT 1958 à KIFFA  
(100 mm)

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
15 h.15	0,5	0,5	15	2
15 h.30	1,0	2,0	10	12
15 h.40	3,0	3,5	5	42
15 h.45	6,5	9,5	5	114
15 h.50	16,0	3,5	5	42
15 h.55	19,5	3,0	5	36
16 h.00	22,5	4,5	5	54
16 h.05	27,0	3,0	5	36
16 h.10	30,0	6,0	5	72
16 h.15	36,0	2,5	5	30
16 h.20	38,5	2,5	5	30
16 h.25	41,0	2,5	5	30
16 h.30	43,5	5,5	5	66
16 h.35	49,0	4,5	5	54
16 h.40	53,5	6,0	5	72
16 h.45	59,5	6,0	5	72
16 h.50	65,5	6,0	5	72



KIFFA  
Pluie du 2-8-58  
(100 mm)



C - 1 (Suite)

PLUIE du 2 AOUT 1958 à KIFFA

(100 mm)

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
16 h.55	71,5			
17 h.00	78,0	6,5	5	78
17 h.05	85,5	7,5	5	90
17 h.10	90,0	4,5	5	54
17 h.15	94,0	4,0	5	48
17 h.20	98,0	4,0	5	48
17 h.30	99,5	1,5	10	9

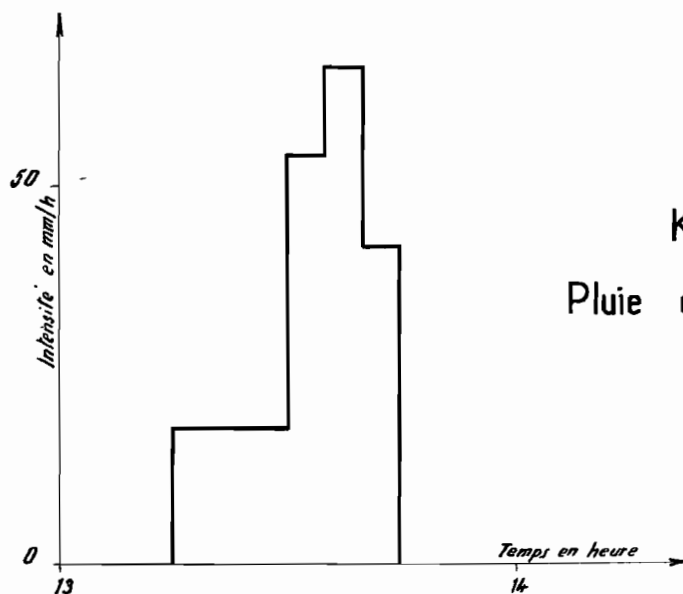
C - 2

PLUIE du 10 AOUT 1960 à KIFFA

(18 mm)

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
13 h.15	0			
13 h.30	4,5	4,5	15	18
13 h.35	9,0	4,5	5	54
13 h.40	14,5	5,5	5	66
13 h.45	18,0	3,5	5	42

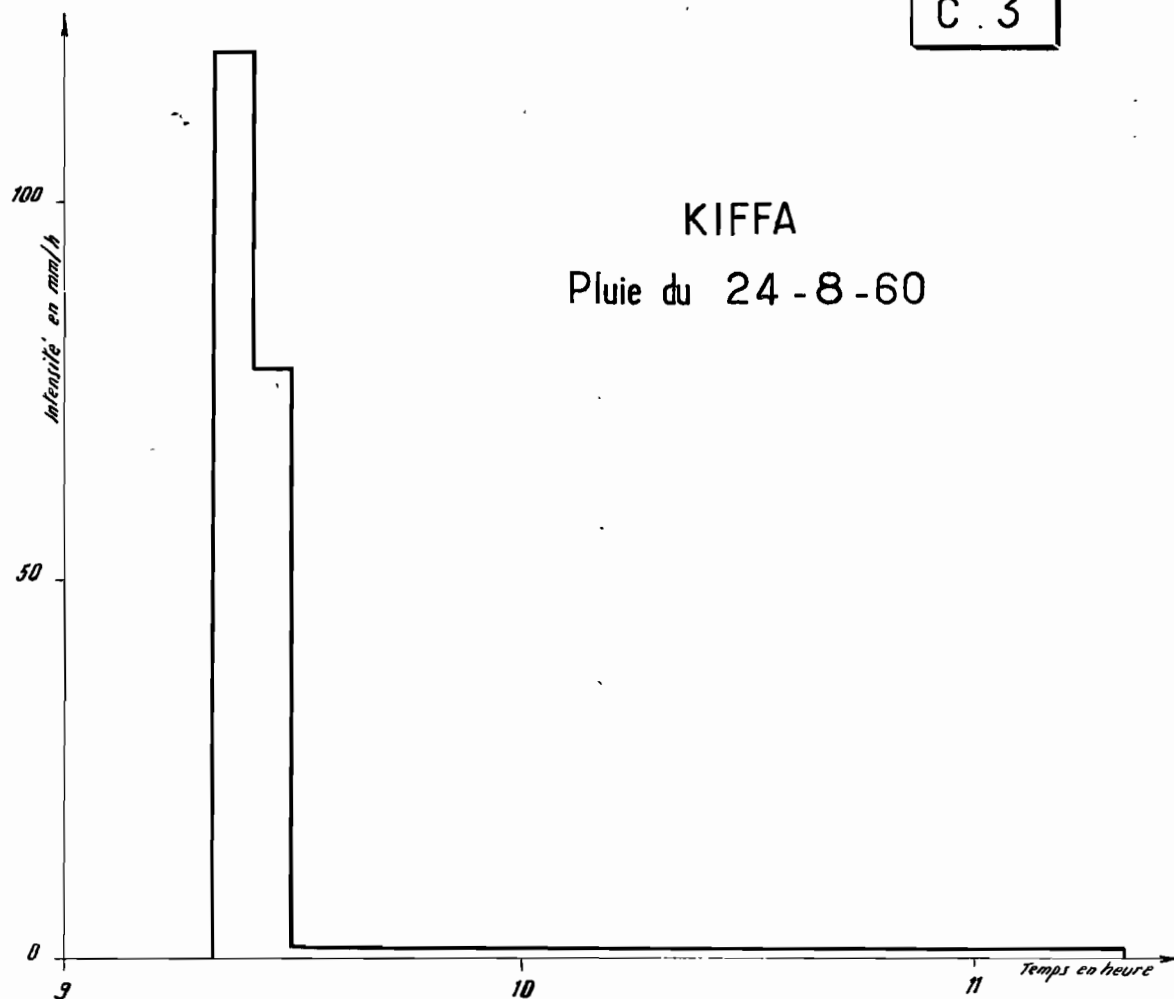
C. 2



KIFFA

Pluie du 10 - 8 - 60

C. 3



KIFFA

Pluie du 24 - 8 - 60

MAU 10.193

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE . SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: III - 10 - 1960

DES: J.-P. Hoefflich

VISA:

TUBE N°:

A 0

C - 3

PLUIE du 24 AOUT 1960 à KIFFA  
(19 mm)

Hauteur	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
9 h.20	0			
9 h.25	10,0	10,0	5	120
9 h.30	16,5	6,5	5	78
11 h.20	19,0	2,5	110	1,4

C - 4

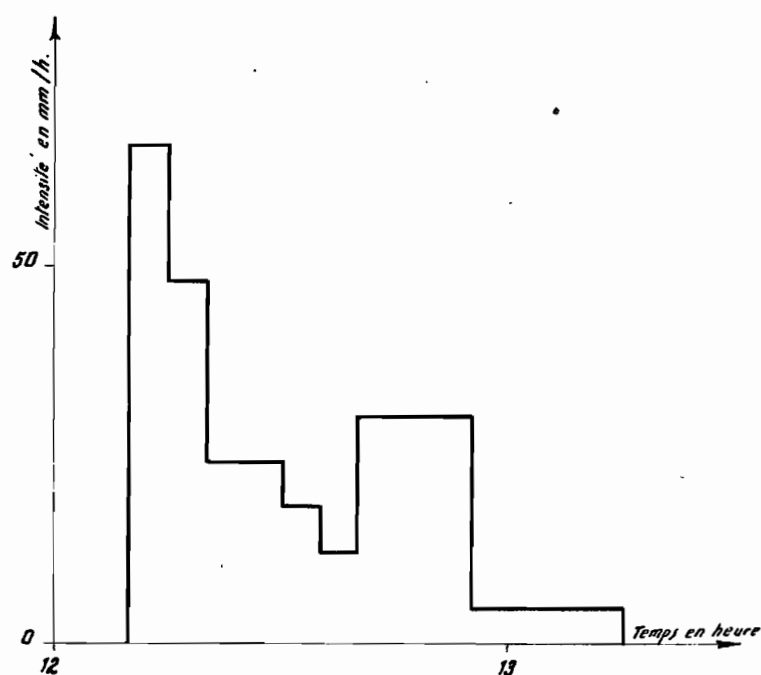
PLUIE du 13 SEPTEMBRE 1960 à KIFFA

Heure	Hauteur cumulée mm	Hauteur partielle mm	Durée partielle mm	Intensité mm/h
12 h.10	0			
15	5,5	5,5	5	66
20	9,5	4,0	5	48
25	11,5	2,0	5	24
30	13,5	2,0	5	24
35	15,0	1,5	5	18
40	16,0	1,0	5	12
45	18,5	2,5	5	30
50	21,0	2,5	5	30
55	23,5	2,5	5	30
13 h.15	25	1,5	20	4,5

C. 4

KIFFA

Pluie du 13-9-60



MAU 10.194

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE - SERVICE DES ÉTUDES D'OUTRE-MER

ED:

LE: 14-9-60 MELA

DES: J.-P. Haché

VISA:

TUBE N°:

A 0

MISSION AFOLLE

---

Campagne 1960

ANNEXE D

MESURES CLIMATIQUES

---

# MESURES CLIMATIQUES

(Psychromètre à aspiration)

Jour Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
29 Juin LEHBILE	15 h.30	39,8	25,2	14,6	30,7
	19 h.00	36,7	24,0	12,7	34,8
	22 h.00	35,0	23,4	11,6	37,5
30 Juin LEHBILE	6 h.00	30,8	24,0	6,8	57,2
	9 h.00	32,9	24,1	8,8	48,4
	12 h.00	35,5	24,5	11,0	40,6
	15 h.00	34,4	22,8	11,6	36,9
	18 h.00	33,8	21,0	12,8	31,2
	21 h.30	31,8	21,4	10,4	39,6
1er Juillet LEHBILE	6 h.00	27,5	21,7	5,8	60,3
	9 h.00	30,0	23,0	7,0	55,4
	12 h.00	36,4	23,4	13,0	33,2
	15 h.00	38,9	23,6	15,3	27,4
	18 h.00	37,2	22,8	14,4	28,8
	21 h.00	34,0	24,0	10,0	43,7
2 Juillet LEHBILE	6 h.00	29,0	24,2	4,8	67,4
	9 h.00	31,2	24,5	6,7	58,0
	12 h.00	36,9	23,5	13,4	32,3
	15 h.00	38,6	22,4	16,2	24,0
	18 h.00	38,5	21,5	17,0	21,2
	21 h.00	36,0	20,6	15,4	23,7
3 Juillet LEHBILE	6 h.00	26,2	22,2	4,0	70,8
	9 h.00	29,8	23,2	6,6	57,5
	12 h.00	36,5	23,2	13,3	32,2
	15 h.00	39,5	23,4	16,1	25,3
	18 h.00	29,4	23,8	5,6	63,0
	22 h.00	28,1	24,6	3,5	75,3
4 Juillet LEHBILE	6 h.00	26,0	23,5	2,5	81,2
	12 h.00	33,6	23,6	10,0	43,3
	15 h.00	39,4	22,4	17,0	22,4
	18 h.00	38,5	20,5	18,0	17,9
	21 h.00	35,4	20,4	15,0	24,5

Jour	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
Station:					
5 Juillet LEHBILE	6 h.00	28,9	22,1	6,7	56,1
	12 h.00	37,2	22,4	14,8	27,2
	15 h.00	42,2	21,8	20,4	15,3
	18 h.00	40,1	20,7	19,4	15,7
	21 h.00	36,0	20,4	15,6	23,1
6 Juillet LEHBILE TAMCHAKETT	6 h.00	28,7	23,4	5,3	64,3
	12 h.00	36,2	22,8	13,4	31,5
	15 h.00	39,4	21,6	17,8	19,6
	18 h.00	39,7	21,1	18,6	17,5
	21 h.00	37,2	20,2	17,0	19,6
7 Juillet TAMCHAKETT	6 h.00	31,8	23,2	8,6	48,5
	9 h.00	34,0	22,0	12,0	34,8
	13 h.30	37,5	22,5	15,0	26,8
	15 h.30	39,0	22,3	16,7	22,8
	19 h.00	37,8	21,8	16,0	23,8
8 Juillet TAMCHAKETT LEHBILE	6 h.00	30,4	24,0	6,4	59,1
	19 h.00	36,5	22,0	14,5	27,6
	22 h.00	33,6	22,0	11,6	36,1
9 Juillet LEHBILE	6 h.00	29,3	22,5	6,8	56,0
	9 h.00	32,0	24,0	8,0	51,6
	12 h.00	35,8	24,2	11,6	38,3
	15 h.00	38,7	24,5	14,2	31,1
	18 h.00	38,2	23,6	14,6	29,0
	21 h.00	35,2	22,7	12,5	34,0
10 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,1	22,0	5,1	64,3
	10 h.00	34,0	23,5	10,5	41,4
	12 h.00	38,4	23,4	15,0	27,8
	15 h.00	43,0	22,0	21,0	14,5
	18 h.00	43,0	21,0	22,0	12,0
	21 h.00	32,0	21,4	17,6	19,8
11 Juillet LEHBILE	6 h.00	30,0	21,6	8,4	47,8
	8 h.30	31,0	22,4	8,6	47,7
	12 h.00	35,1	23,3	11,8	36,8
	15 h.00	37,0	25,0	12,0	37,8
	19 h.00	35,0	23,7	11,3	38,8
	21 h.00	33,5	23,5	10,0	43,2



Jour Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
12 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,5	22,0	5,5	62,1
	9 h.30	31,0	22,6	8,4	48,7
	12 h.00	35,2	23,6	11,6	37,7
	15 h.00	30,0	25,6	4,4	70,5
	18 h.00	33,2	24,6	8,6	49,6
	21 h.00	31,0	23,4	7,6	52,9
13 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,0	23,0	4,0	71,4
	9 h.00	31,8	23,5	8,3	50,0
	12 h.00	36,7	23,3	13,4	32,0
	15 h.30	40,2	22,2	18,0	19,9
	18 h.00	39,3	22,7	16,6	23,5
	21 h.00	32,5	24,0	8,5	49,6
14 Juillet LEHBILE	6 h.00	26,2	20,6	5,6	60,5
	9 h.00	28,5	22,2	6,3	58,1
	12 h.00	30,9	22,9	8,0	50,7
	15 h.00	34,7	23,2	11,5	37,7
	18 h.00	33,8	23,1	10,7	40,3
	21 h.00	31,9	22,4	9,5	44,1
15 Juillet LEHBILE	6 h.00	28,0	22,0	6,0	59,4
	12 h.00	33,5	24,5	9,0	48,0
	15 h.00	37,0	23,6	13,4	32,4
	18 h.30	26,6	22,0	4,6	67,2
	21 h.00	27,5	22,0	5,5	62,1
16 Juillet LEHBILE	6 h.00	25,5	22,7	2,8	79,0
	9 h.00	28,0	23,2	4,8	66,9
	12 h.00	32,1	23,3	8,8	47,7
	16 h.00	34,7	24,0	10,7	41,2
	18 h.00	31,4	24,4	7,0	56,5
	21 h.00	24,2	23,4	0,8	93,7
17 Juillet LEHBILE	6 h.00	24,6	22,6	2,0	84,2
	9 h.00	25,0	23,7	1,3	89,9
	12 h.00	28,1	24,8	3,3	76,6
	15 h.00	32,7	24,3	8,4	50,3
	21 h.00	30,0	24,0	6,0	61,0

Jour Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
18 Juillet LEHBILE	6 h.00	26,1	23,4	2,7	79,9
	12 h.00	32,5	24,5	8,0	52,0
	15 h.00	34,4	23,8	10,6	41,3
	18 h.00	31,3	23,7	7,6	53,2
	21 h.00	28,2	22,5	5,7	61,5
19 Juillet LEHBILE	6 h.00	25,0	22,0	3,0	77,2
	9 h.00	28,5	24,0	4,5	69,1
	12 h.00	33,4	24,6	8,8	48,8
	15 h.00	37,9	24,8	13,1	34,4
	18 h.00	32,7	23,7	9,2	46,3
	21 h.00	31,8	24,0	7,8	52,5
20 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,2	23,2	4,0	71,5
	9 h.00	28,6	24,0	4,6	68,5
	12 h.00	32,9	24,5	8,4	50,4
	15 h.00	34,8	24,1	10,2	43,1
	18 h.00	31,2	24,3	6,9	56,9
	21 h.00	28,5	24,4	4,1	71,0
21 Juillet LEHBILE	6 h.00	25,0	22,7	2,3	82,3
	10 h.30	30,0	23,1	6,9	56,0
	13 h.00	33,4	23,9	9,5	45,5
	15 h.00	35,0	24,3	10,7	41,5
	18 h.00	33,6	23,7	9,9	43,8
	21 h.00	31,2	23,3	7,9	51,5
22 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,5	23,6	3,9	72,4
	9 h.00	24,7	21,9	2,8	77,8
	12 h.00	29,5	22,5	7,0	55,0
	15 h.00	30,8	22,2	8,6	47,5
	19 h.00	28,1	22,6	5,5	62,7
	21 h.00	27,5	22,0	5,5	62,1
23 Juillet LEHBILE	6 h.00	26,6	23,1	3,5	74,6
	9 h.00	28,5	24,5	4,0	67,6
	12 h.00	33,5	25,7	7,8	53,9
	15 h.00	36,2	25,4	10,8	42,2
	18 h.00	34,6	24,5	10,1	43,9
	21 h.00	32,0	22,0	10,0	41,7

Jour	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
Station:					
24 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,5	24,0	3,5	75,1
	9 h.00	29,8	24,6	5,2	65,6
	12 h.00	35,3	25,0	10,3	43,6
	18 h.00	25,2	23,8	1,4	89,1
	21 h.00	24,7	24,0	0,7	94,6
25 Juillet LEHBILE	6 h.00	24,3	23,8	0,5	94,6
	9 h.00	27,0	24,1	2,9	78,9
	12 h.00	30,0	25,0	5,0	66,8
	15 h.00	32,5	24,5	8,0	52,0
	18 h.00	32,0	24,2	7,8	52,7
	21 h.00	31,0	23,5	7,5	53,5
26 Juillet LEHBILE	6 h.00	26,0	23,6	2,4	81,9
	9 h.00	30,5	24,1	6,4	59,2
	12 h.00	32,7	24,5	8,2	51,2
	15 h.00	34,8	24,5	10,3	43,1
	18 h.00	32,0	24,5	7,5	54,3
	21 h.00	29,5	21,0	5,5	63,6
27 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,0	23,2	3,8	72,8
	9 h.00	30,5	24,0	6,5	58,6
	12 h.00	34,0	24,0	10,0	43,7
	21 h.00	34,0	23,3	10,7	40,5
28 Juillet LEHBILE	6 h.00	29,1	22,5	6,6	56,7
	12 h.00	34,2	22,2	12,0	35,0
	15 h.00	36,0	23,4	12,6	34,4
	18 h.00	37,0	23,6	13,4	32,4
	21 h.00	32,5	24,1	8,4	50,2
29 Juillet LEHBILE	6 h.00	27,5	23,1	4,4	69,2
	9 h.00	30,0	23,8	6,2	59,8
	12 h.00	28,7	23,9	4,8	67,3
	15 h.00	30,6	25,0	5,6	63,7
	19 h.00	24,9	22,6	2,3	82,3
	21 h.00	25,6	22,6	3,0	77,5

Jour Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
30 Juillet LEHBILE	6 h.00	24,5	22,1	2,4	81,3
	9 h.00	28,8	23,4	5,4	63,7
	12 h.00	30,5	23,2	7,3	54,2
	15 h.00	32,0	24,0	8,0	51,6
	18 h.00	33,0	23,5	9,5	45,1
	21 h.00	32,4	23,9	8,5	49,5
31 Juillet LEHBILE TAMCHAKETT TAMCHAKETT LEHBILE LEHBILE	6 h.00	28,0	24,0	4,0	71,9
	12 h.00	36,6	24,2	12,4	35,8
	15 h.00	38,4	24,2	14,2	30,8
	18 h.00	31,0	23,4	7,6	52,9
	21 h.00	30,0	23,6	6,4	58,8
1er Août LEHBILE	6 h.00	24,2	21,4	2,8	78,3
	12 h.00	31,2	23,4	7,8	52,0
	15 h.00	33,0	23,6	9,4	45,6
	18 h.00	33,3	23,7	9,6	44,9
	21 h.00	31,2	23,4	7,8	52,0
2 Août LEHBILE	6 h.00	28,5	24,0	4,5	69,1
	12 h.00	25,4	23,0	2,4	81,7
	15 h.00	26,6	23,5	3,1	77,3
	18 h.00	28,6	23,6	5,0	66,0
	21 h.00	26,5	23,6	2,9	78,7
3 Août LEHBILE	6 h.00	25,0	22,9	2,6	80,3
	9 h.00	27,8	23,7	4,1	71,8
	12 h.00	29,5	24,5	5,0	66,5
	15 h.00	30,4	24,2	6,2	60,1
	18 h.00	30,5	24,2	6,3	60,6
	21 h.00	29,0	24,0	5,0	56,2
4 Août LEHBILE	6 h.00	25,5	24,2	1,3	90,0
	9 h.00	29,1	24,4	4,7	68,1
	12 h.00	31,8	24,5	7,3	55,2
	15 h.00	33,4	23,2	10,2	42,2
	18 h.00	34,1	23,5	10,6	41,0
	21 h.00	33,9	23,4	10,5	41,3

Jour Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
5 Août LEHBILE	6 h.00	29,3	23,4	5,9	55,2
	12 h.00	33,1	24,1	9,0	47,6
	15 h.00	35,0	23,4	11,6	37,5
	18 h.00	35,9	25,4	10,5	43,3
	21 h.00	32,2	24,6	7,6	53,9
6 Août LEHBILE	6 h.00	27,7	25,0	2,7	80,6
	9 h.00	30,5	25,0	5,5	64,3
	12 h.00	31,7	24,5	7,2	55,6
	15 h.30	33,7	23,4	10,3	42,1
	18 h.00	33,5	25,1	8,4	50,9
	21 h.00	30,0	23,6	6,4	58,8
7 Août LEHBILE	6 h.00	26,4	23,5	2,9	78,6
	9 h.00	30,2	25,0	5,2	65,8
	12 h.00	32,6	25,0	7,6	54,2
	15 h.00	34,2	24,0	10,2	43,0
	18 h.00	35,5	24,2	11,3	39,3
	21 h.00	33,2	24,3	8,2	46,2
8 Août LEHBILE	6 h.00	28,5	23,6	4,9	66,6
	15 h.00	24,6	25,0	9,6	46,1
	18 h.00	34,5	24,4	10,2	43,8
	21 h.00	31,4	24,0	7,4	54,0
9 Août LEHBILE	6 h.00	27,3	24,0	3,3	76,4
	9 h.00	31,3	24,2	7,1	55,9
	12 h.00	33,2	23,7	9,5	45,3
	15 h.00	34,6	23,8	10,8	40,6
	18 h.00	35,0	24,0	11,0	40,1
	21 h.00	33,2	23,9	9,3	46,1
10 Août LEHBILE	6 h.00	27,4	25,0	2,4	82,5
	9 h.00	31,9	26,0	5,9	62,9
	12 h.00	32,2	25,3	6,9	57,6
	15 h.00	30,2	25,1	5,1	66,4
	19 h.00	27,5	24,2	7,3	55,0
	21 h.00	26,6	24,5	2,1	84,3

Jour Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
11 Août LEHBILE	6 h.00	24,2	23,4	0,8	93,7
	9 h.00	29,0	24,0	5,0	66,2
	12 h.00	31,4	24,1	7,3	54,9
	16 h.00	33,2	23,6	9,6	44,8
	19 h.00	33,1	23,5	9,6	44,8
	22 h.00	31,0	23,8	7,2	55,1
12 Août LEHBILE	6 h.00	27,5	24,0	3,5	75,1
	10 h.00	31,2	25,4	5,8	62,9
	13 h.00	33,3	25,5	7,8	53,7
	16 h.00	33,7	25,3	8,4	51,1
	19 h.00	31,9	24,2	7,7	53,2
	21 h.30	26,0	23,5	2,5	81,2
13 Août LEHBILE	7 h.00	25,0	23,0	2,0	84,3
	12 h.00	29,0	24,6	4,4	70,0
	15 h.00	30,9	25,1	5,7	63,3
	17 h.00	31,1	25,0	6,1	61,2
	21 h.00	30,5	25,5	5,0	67,1
14 Août LEHBILE	6 h.00	26,0	23,7	2,3	82,6
	10 h.30	30,2	24,8	5,4	64,7
	14 h.00	32,2	24,6	7,6	53,9
	16 h.00	33,0	25,0	8,0	52,4
	19 h.30	31,6	24,5	7,1	56,1
15 Août LEHBILE	6 h.00	24,6	22,4	2,2	82,9
	8 h.00	24,2	22,0	2,2	82,8
	10 h.00	24,2	22,0	2,2	82,8
	12 h.00	28,0	23,7	4,3	70,1
	15 h.30	31,0	23,5	7,5	53,5
	18 h.00	30,7	24,0	6,7	57,7
	21 h.00	28,6	23,0	5,6	62,4
16 Août GUELAB	6 h.00	26,0	23,8	2,2	83,3
	9 h.00	28,7	24,0	4,7	67,9
	15 h.00	38,0	25,0	13,0	34,9
	18 h.00	36,2	23,6	12,6	34,7
	21 h.00	33,0	24,1	8,9	48,0

Jour Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
17 Août GUELAB	7 h.00	26,5	24,2	2,3	82,9
	9 h.00	29,3	23,7	5,6	62,9
	12 h.00	33,0	24,7	8,3	51,0
	15 h.00	37,0	25,7	11,3	40,8
	18 h.00	34,0	24,6	9,4	46,5
	21 h.00	30,0	24,5	5,5	64,6
18 Août GUELAB	6 h.00	26,5	23,6	2,9	78,7
19 Août GUELAB	6 h.00	25,7	23,0	2,7	79,7
	9 h.00	30,0	24,0	6,0	61,0
	12 h.00	32,0	25,8	6,2	61,3
	15 h.00	33,2	26,2	7,0	57,7
	18 h.00	33,6	25,0	8,6	50,0
	21 h.00	30,9	25,6	5,3	65,7
20 Août GUELAB	6 h.00	27,7	24,6	3,1	77,8
	9 h.00	31,4	25,6	6,4	60,2
	12 h.00	37,4	27,6	9,8	48,2
	15 h.00	39,0	26,6	12,4	38,1
	18 h.00	36,4	24,8	11,6	38,9
	21 h.00	30,1	23,5	6,6	57,7
21 Août GUELAB	6 h.00	27,6	24,0	3,6	74,4
	15 h.00	35,0	25,0	10,0	44,6
	18 h.00	32,0	25,0	7,0	56,9
	21 h.00	28,8	23,8	5,0	66,1
22 Août GUELAB	6 h.00	24,6	21,0	3,6	72,7
	9 h.00	26,7	22,7	4,0	71,3
	12 h.00	31,2	23,4	7,8	52,0
	15 h.00	36,3	25,0	11,3	40,1
	18 h.00	33,3	24,5	8,8	48,8
	21 h.00	31,0	24,0	7,0	56,2
23 Août GUELAB	6 h.00	24,5	21,0	3,5	73,4
	9 h.00	28,8	23,2	5,6	62,5
	12 h.00	29,8	23,5	6,4	58,7
	15 h.00	38,0	25,0	13,0	34,9
	18 h.00	34,5	24,5	10,0	44,2
	21 h.00	29,3	23,7	5,6	62,9

Jour	Station	Heure	T <sub>s</sub> °C	T <sub>h</sub> °C	T <sub>s</sub> - T <sub>h</sub> °C	Humidité %
24 Août	GUELAB	6 h.00	25,0	22,6	2,4	81,6
		18 h.00	26,0	23,0	3,0	77,7
		20 h.00	25,1	22,9	2,2	83,0
25 Août	GUELAB	6 h.00	23,0	21,8	1,2	90,2
		9 h.00	25,7	22,8	2,9	78,3
		12 h.00	31,0	24,5	6,5	59,0
		15 h.00	32,4	25,0	7,4	55,1
		18 h.00	29,7	23,9	5,8	62,0
		21 h.30	27,5	23,5	4,0	71,7
26 Août	GUELAB	6 h.00	24,4	22,5	1,9	85,0
		12 h.00	32,2	24,4	7,8	52,8
		15 h.00	34,9	24,5	10,4	42,8
		18 h.00	33,0	23,8	9,2	46,5
		21 h.00	29,5	23,5	6,0	60,6
27 Août	GUELAB	6 h.00	26,2	23,2	3,0	77,8